



M 2014

ANÁLISE DA ECOEFICIÊNCIA DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA ORGANIZAÇÃO

ANA CATARINA MATOS SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM

MIEA – MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE



MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2013/2014

Análise da ecoeficiência do processo produtivo de uma organização

Ana Catarina Matos Silva

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Manuel Fernando Ribeiro Pereira

Professor Associado do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto

Orientador Académico: Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia

Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto

Orientadora na Empresa: Maria Cristina Carvalho Costa

Gestora de Ambiente e Segurança



Porto, Outubro de 2014

*“Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.*

*Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.*

*Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive”*

"Odes" de Ricardo Reis

Agradecimentos

Durante a realização da dissertação, foram muitas as pessoas que apoiaram e contribuíram, tanto a nível pessoal, como a nível académico, para a concretização deste trabalho, e às quais não posso deixar de manifestar o meu mais sincero agradecimento.

À Eng^a Cristina Costa, por permitir que eu realiza-se a minha dissertação numa empresa de renome como a Unicer, bem como pela sua disponibilidade e amabilidade na partilha de conhecimentos.

Ao Hélder Cerqueira, por ser uma pessoa extremamente prestável e pela paciência que teve comigo no esclarecimento de dúvidas e fornecimento de dados.

À Raquel Lemos, José Sousa e António Oliveira, por me fornecerem as ferramentas necessárias à realização da presente dissertação, como auxiliarem na busca da informação ou até mesmo por me realizarem uma simples visita às instalações do centro produtivo de Leça do Balio.

A todos os colaboradores da Unicer e principalmente aos meus companheiros de almoço, pelo bom ambiente proporcionado aquando da realização do meu estágio e pelos momentos de descontração.

Ao meu orientador, professor Rodrigo Maia, por me dar a oportunidade de realizar este projeto e pelas suas críticas construtivas.

À Eng^a Vanessa Ramos, pelo apoio prestado, pelas sugestões e correções durante a reta final deste trabalho.

À minha família e especialmente aos meus pais, por me incutirem bons valores e por todo o esforço que fizeram para me dar esta oportunidade que outrora não tiveram.

Ao Samuel pela força, pela paciência e auxílio em todos os momentos.

Aos meus amigos, pela união, presença e por todas as vivências e memórias partilhadas.

Obrigada a todos!

Resumo

Alusivo à temática do desenvolvimento sustentável, surge em 1992 o conceito de ecoeficiência desenvolvido pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). Segundo o WBCSD, a ecoeficiência trata-se de uma filosofia de gestão que encoraja o mundo empresarial a procurar melhorias ambientais que potenciem benefícios económicos.

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação *gate-to-gate* da ecoeficiência da Unicer para o ano de 2013. Para tal foram aplicadas duas metodologias, a desenvolvida pelo WBCSD e a presente na ISO 14045:2012.

Estas duas metodologias tiveram por base a análise de indicadores ambientais, sendo que a metodologia desenvolvida pelo WBCSD considerou o consumo de água, a produção de efluente, o consumo de energia elétrica e térmica, a produção de resíduos de vidro e o consumo e emissão de dióxido de carbono por hectolitro de cerveja produzida. Por outro lado, através da metodologia presente na ISO 14045 os indicadores utilizados foram as alterações climáticas, a acidificação terrestre, a eutrofização, a formação de oxidantes fotoquímicos, a formação de material particulado, a depleção da água e a depleção dos combustíveis fósseis.

Paralelamente foi estimado o valor do produto, sendo este 10,9 €/hl de cerveja produzida.

A área do Enchimento de cerveja apresentou os menores rácios de ecoeficiência para o consumo de água, produção de efluentes, consumo de energia elétrica e energia térmica e produção de resíduos por parte das fronteiras do sistema.

A Central de Produção de Vapor apresentou menor ecoeficiência para as categorias de impacto alterações climáticas, acidificação terrestre e formação de material particulado. As Adeagas, por sua vez, possuem menor ecoeficiência para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos e a área do Enchimento é o local menos ecoeficiente quando se avalia a depleção da água e dos combustíveis fósseis.

Por forma a maximizar o indicador de ecoeficiência, torna-se necessário amplificar o valor do produto e minimizar os impactos ambientais. Tal poderá ser obtido, reduzindo as perdas de cerveja (produto) que ocorrem durante o processo de fabrico e a redução do consumo de energia elétrica, água e combustíveis fósseis, sendo estes os fatores associados às categorias de impacto com maior magnitude.

Palavras-chave: Ecoeficiência, Indicadores ambientais e económicos, WBCSD e ISO 14045

Abstract

Related to the theme of sustainable development, emerges in 1992 the eco-efficiency concept developed by the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). According to the WBCSD, eco-efficiency is a management philosophy that encourages companies to search for environmental improvements that enhance economic benefits.

Thus, the present study aimed to evaluate the gate-to-gate eco-efficiency of Unicer for the year 2013. Hence, two methodologies were applied: one developed by the WBCSD and the ISO 14045:2012 methodology.

Both approaches were based on the analysis of environmental impacts, being considered on WBCSD methodology the follow indicators: water consumption, wastewater production, consumption of electrical and thermal energy, production of glass waste and consumption and emission of carbon dioxide per hectolitre of beer produced. On the other hand, through ISO 14045 methodology were used indicators of climate change, terrestrial acidification, eutrophication, photochemical oxidant formation, particulate matter formation, water depletion and of fossil resource depletion.

In addition, were estimated the product value, which is 10.9 €/hl of beer produced.

The filling/packaging stage showed the lowest ratios of ecoefficiency for water consumption, wastewater production, consumption of electricity and thermal energy and waste output by the system boundaries.

The Steam Production Plant showed a lower ecoefficiency for the categories of climate change, terrestrial acidification and particulate matter formation. However, beer cellars have lower ecoefficiency for photochemical oxidant formation category and packaging stage is the least ecoefficient location, when evaluating the depletion of water and fossil fuels.

In order to maximize the ecoefficiency indicator, it becomes necessary to increase the product value and minimize the environmental impacts. This might be achieved by reducing the losses of beer (product) that occur during the manufacturing process and reducing the consumption of electricity, water and fossil fuels, since they are the indicators associated to the most influent impact categories.

Key words: Ecoefficiency, Environmental and economic indicators, WBCSD and ISO 14045

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Organização da Dissertação	4
2	Revisão da Literatura	7
2.1	Desenvolvimento Sustentável	7
2.1.1	A contribuição das empresas	9
2.2	Ecoeficiência	10
2.2.1	Dimensões da ecoeficiência	11
2.3	Quantificação da Ecoeficiência	12
2.3.1	Indicadores da ecoeficiência	14
2.4	Avaliação da Ecoeficiência	17
2.4.1	Avaliação do Ciclo de Vida.....	18
2.4.2	Custo do Ciclo de Vida	21
2.4.3	Produção mais Limpa	21
2.4.4	Ecologia Industrial	22
2.4.5	Ecodesign.....	23
2.4.6	Sistema de Gestão Ambiental	24
2.5	Enquadramento Legislativo.....	24
3	Caso de Estudo - Unicer.....	27
3.1	Apresentação da empresa	27
3.2	Processo cervejeiro.....	28
3.2.1	Matérias primas	28
3.2.2	Fabrico do mosto.....	29
3.2.3	Fermentação, maturação e estabilização a frio.....	32
3.2.4	Filtração da cerveja	33
3.2.5	Enchimento	35

3.2.5.1	Enchimento de cerveja em garrafas TR	36
3.2.5.2	Enchimento de cerveja em garrafas TP	39
3.2.5.3	Enchimento de cerveja em barris TR	40
3.2.5.4	Enchimento de cerveja em barris TP	42
3.3	Processos auxiliares	43
3.3.1	Tratamento da água.....	44
3.3.1.1	Água do processo	44
3.3.1.2	Água do processo arrefecida	44
3.3.1.3	Água desarejada	44
3.3.1.4	Água da rede geral	45
3.3.1.5	Água industrial	45
3.3.1.6	Água desmineralizada	46
3.3.2	Clean in Place	46
3.3.3	Produção e recuperação de vapor	47
4	Metodologias de Avaliação da Ecoeficiência	49
4.1	Unidade funcional	49
4.2	Fronteiras do sistema	49
4.3	Análise de inventário	52
4.4	WBCSD	53
4.4.1	Indicadores de influência ambiental.....	54
4.4.2	Indicador de valor do produto	55
4.5	EcoWater	56
4.5.1	Avaliação de impacte do ciclo de vida (AICV)	56
4.5.1.1	Seleção de categorias de impacte	57
4.5.1.2	Classificação.....	58
4.5.1.3	Caracterização	59
4.5.2	Avaliação económica.....	60
5	Resultados e Discussão	61

5.1	Análise do inventário	61
5.1.1	Entradas no sistema	61
5.1.1.1	Água.....	61
5.1.1.2	Energia elétrica	66
5.1.1.3	Energia térmica	68
5.1.1.4	Matérias primas e subsidiárias	71
5.1.1.5	Dióxido de carbono	71
5.1.2	Saídas do sistema	73
5.1.2.1	Produto	73
5.1.2.2	Resíduos	74
5.1.2.3	Emissões gasosas	76
5.1.2.4	Efluente	78
5.2	Metodologia WBCSD.....	79
5.2.1	Indicadores de influência ambiental	79
5.2.1.1	Fabrico.....	79
5.2.1.2	Adegas	80
5.2.1.3	Enchimento	81
5.2.1.4	ETA	84
5.2.1.5	Produção de vapor	84
5.2.1.6	Global.....	84
5.2.2	Indicador de valor do produto.....	90
5.2.3	Rácios de ecoeficiência	90
5.3	Metodologia EcoWater	91
5.3.1	Avaliação do impacte ambiental.....	92
5.3.2	Avaliação económica	97
5.3.3	Avaliação da ecoeficiência	98
5.3.4	Análise adicional	98
6	Melhores Técnicas Disponíveis	107

7	Conclusões.....	119
7.1	Análise global	119
7.2	Análise dos objetivos realizados	121
7.3	Limitações e Trabalho Futuro	122
	Referências Bibliográficas	123
	Anexos	129
	A	129
	B	129
	C	131

Índice de Figuras

Figura 1 - Dimensão ambiental, económica e social do desenvolvimento sustentável (adaptado de BCSD Portugal, 2005).	12
Figura 2 - Fases de uma Avaliação do Ciclo de Vida (adaptada de NP EN ISO 14040, 2006). ..	20
Figura 3 - Fabricação e tratamento do mosto de cerveja (adaptada de Unicer, 2014c).	30
Figura 4 - Fermentação, maturação e estabilização da cerveja (adaptada de Unicer, 2014c).	32
Figura 5 - Filtração da cerveja (adaptada de Unicer, 2014c).....	34
Figura 6 - Fluxograma do modo de enchimento de cerveja em garrafas TR - Linha de enchimento 3 (adaptada de Unicer, 2014c).	37
Figura 7 - Fluxograma do modo de enchimento de cerveja em garrafas TP - Linha de enchimento 2 (adaptada de Unicer, 2014c).	40
Figura 8 - Fluxograma do modo de enchimento de cerveja em barril TR (adaptada de Unicer, 2014c).	41
Figura 9 - Fluxograma do modo de enchimento de cerveja em barril TP (adaptada de Unicer, 2014c).	43
Figura 10 - Fronteiras do sistema selecionadas (a verde).....	51
Figura 11 - Percentagem de cada tipo de resíduo produzido nas instalações da Unicer.	75
Figura 12 - Indicador de impacte das alterações climáticas para cada área do processo produtivo da Unicer.	92
Figura 13 - Indicador de impacte da acidificação terrestre para cada área do processo produtivo da Unicer.....	93
Figura 14 - Indicador de impacte da eutrofização para cada área do processo produtivo da Unicer.	94
Figura 15 - Indicador de impacte de formação de oxidantes fotoquímicos para cada área do processo produtivo da Unicer.	95
Figura 16 - Indicador de impacte de formação de material particulado para cada área do processo produtivo da Unicer.	95
Figura 17 - Indicador de impacte de depleção da água para cada área do processo produtivo da Unicer.	96

Figura 18 - Indicador de impacto de depleção de combustíveis fósseis para cada área do processo produtivo da Unicer.	97
Figura 19 - Sub-fronteira do sistema extraído do software Systemic Environmental Analysis Tool (SEAT).	99
Figura 20 - Indicador de impacto das alterações climáticas para a Central de Produção de Vapor para o ano de 2011, 2012 e 2013.	101
Figura 21 - Indicador de impacto da acidificação terrestre para a Central de Produção de Vapor para o ano de 2011, 2012 e 2013.	101
Figura 22 - Indicador de impacto de formação de oxidantes fotoquímicos para a Central de Produção de Vapor para o ano de 2011, 2012 e 2013.	102
Figura 23 - Indicador de impacto de formação de material particulado para a Central de Produção de Vapor para o ano de 2011, 2012 e 2013.	102
Figura 24 - Despesa na compra de combustíveis para a produção de um hectolitro de cerveja para o ano de 2011, 2012 e 2013.	104
Figura 25 - Resultado operacional para 2011, 2012 e 2013.....	105

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Indicadores de influência ambiental selecionados com base na ISO 14031.....	54
Tabela 2 - Categorias de impacte ambiental e fatores de caracterização associados.	59
Tabela 3 - Consumo de água para cada área e etapa do processo tendo em conta o tipo de água utilizada.....	62
Tabela 4 - Consumo de energia elétrica para cada área pertencente ao processo.....	67
Tabela 5 - Consumo de energia térmica para cada área e etapa do processo.	69
Tabela 6 - Consumo de água desmineralizada, energia elétrica e combustíveis para a produção de vapor.....	70
Tabela 7 - Consumo de matérias primas e subsidiárias para cada área e etapa do processo. .	71
Tabela 8 - Consumo de dióxido de carbono para cada área e etapa do processo.	72
Tabela 9 - Quantidade de cerveja armazenada em TCF e quantidade de cerveja acondicionada em garrafas e barris em cada uma das linhas de enchimento.	73
Tabela 10 - Quantidade de resíduos produzidos nas instalações da Unicer.....	75
Tabela 11 - Emissões de gases para cada área pertencente ao processo.	77
Tabela 12 - Produção de efluente para cada área e etapa do processo.	78
Tabela 13 - Parâmetros analisados do efluente à saída da ETAR.	79
Tabela 14 - Indicadores de influência ambiental para as etapas da área do Fabrico para o ano de 2013.....	79
Tabela 15 - Indicadores de influência ambiental para as etapas da área das Adeegas para o ano de 2013.....	80
Tabela 16 - Indicadores de influência ambiental para os vários setores do Enchimento para o ano de 2013.....	81
Tabela 17 - Volume de enchimento e consumo de água e energia para a linha 2 e 3 para o período de abril de 2013 a março de 2014.	83
Tabela 18 - Indicadores de influência ambiental para a linha 2 e 3 para o período de abril de 2013 a março de 2014.....	83
Tabela 19 - Indicador de influência ambiental para o total da ETA para o ano de 2013.	84
Tabela 20 - Indicadores de influência ambiental para o total da Central de Produção de Vapor para o ano de 2013.	84

Tabela 21 - Indicadores de influência ambiental para o total de cada área para o ano de 2013.	85
Tabela 22 - Indicadores de influência ambiental para o total de cada área para o ano de 2010, 2011, 2012 e 2013.	86
Tabela 23 - Indicadores de influência ambiental para diferentes produtores de bebidas para o ano de 2012 e 2013.	88
Tabela 24 - Posição da Unicer de Leça do Balio no ranking da Carlsberg para os indicadores de influência ambiental para maio de 2014.	89
Tabela 25 - Resultado operacional de 2013 para o grupo Unicer e Unicer Leça do Balio (cervejas).	90
Tabela 26 - Rácios de ecoeficiência para o total de cada área para o ano de 2013.	91
Tabela 27 - Indicadores de ecoeficiência.	98
Tabela 28 - Consumo de combustíveis fósseis e emissões gasosas para o ano de 2011, 2012 e 2013.	100
Tabela 29 - Preço de venda de fuelóleo e gás natural e despesa anual na obtenção destes combustíveis.	103
Tabela 30 - Indicadores de ecoeficiência.	106
Tabela 31 - Impactes ambientais associados às diferentes operações unitárias do processo cervejeiro.	108
Tabela 32 - Melhores técnicas atualmente disponíveis para o setor de produção de cerveja.	109
Tabela 33 - Situação de aplicação e medidas adotadas para a gestão ambiental (5.1.1).	110
Tabela 34 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para a colaboração com atividades a montante e a jusante (5.1.2).	110
Tabela 35 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para os equipamentos e instalações de limpeza (5.1.3).	111
Tabela 36 - Situação de aplicação e medidas adotadas para a receção/expedição de materiais (5.1.4.1).	112
Tabela 37 - Situação de aplicação para a centrifugação e separação (5.1.4.2).	112
Tabela 38 - Situação de aplicação e medidas adotadas para a conservação em latas, garrafas e frascos (5.1.4.5).	112

Tabela 39 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para o congelamento e refrigeração (5.1.4.7).	113
Tabela 40 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para o arrefecimento (5.1.4.8).	113
Tabela 41 - Situação de aplicação e medidas adotadas para o enchimento (5.1.4.9).	114
Tabela 42 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para a produção e consumo de energia (5.1.4.10).	114
Tabela 43 - Situação de aplicação e local de implementação para a utilização da água (5.1.4.11).	114
Tabela 44 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para os sistemas de ar comprimido (5.1.4.12).	115
Tabela 45 - Situação de aplicação e local de implementação para os sistemas de vapor (5.1.4.13).	115
Tabela 46 - Situação de aplicação e medidas adotadas para a minimização de emissões gasosas (5.1.5).	115
Tabela 47 - Situação de aplicação e medidas adotadas para o tratamento de água residual (5.1.6).	116
Tabela 48 - Situação de aplicação e medidas adotadas para as emissões acidentais (5.1.7).	117
Tabela 49 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação de melhores técnicas disponíveis adicionais para processos de fabrico de bebidas (5.2.9).	118
Tabela 50 - Situação de aplicação e medidas adotadas de melhores técnicas disponíveis adicionais para processos de produção de cerveja (5.2.9.1).	118

Notação e Glossário

Lista de Siglas

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ADA	Avaliação do Desempenho Ambiental
AIA	Avaliação de Impacte Ambiental
AICV	Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CCV	Custo do Ciclo de Vida
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão
CERES	<i>Coalition for Environmentally Responsible Economies</i>
CIP	<i>Clean in Place</i>
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
COVNM	Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos
CQO	Carência Química de Oxigénio
DDT	DicloroDifenilTricloroetano
EMAS	<i>EU Eco-Management and Audit Scheme</i>
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAR	Estação de Tratamento de Água Residual
EVAT	<i>Economic Value chain Analysis Tool</i>
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
ICA	Indicadores das Condições Ambientais
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IDA	Indicadores de Desempenho Ambiental
IDG	Indicadores de Desempenho da Gestão
IDO	Indicadores de Desempenho Operacional
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature and Natural Resources</i>
MTD	Melhores Técnicas Disponíveis
OCDE	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
ONG	Organização Não-Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PAG	Prevenção de Acidentes Graves envolvendo substâncias perigosas
PCI	Poder Calorífico Inferior
PCIP	Prevenção e Controlo Integrado da Poluição
PM10	Material particulado de diâmetro inferior a 10 micrómetros
PVPP	PoliVenilPoliPirrolidona
RIB	Resíduos Industriais Banais
RU	Resíduos Urbanos
SD	Sólidos Dissolvidos
SEAT	<i>Systemic Environmental Analysis Tool</i>
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SIR	Sistema da Indústria Responsável
SMAS	Serviços Municipalizados de Água e Saneamento
SST	Sólidos Suspensos Totais
TCF	Tanque de Cerveja Filtrada
TEGEE	Título de Emissão de Gases com Efeito de Estufa
TP	Tara Perdida
TR	Tara Retornável
UF	Unidade Funcional
UNEP	<i>United Nations Environmental Programme</i>

WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>
WCED	<i>World Commission on Environment and Development</i>
WWF	<i>World Wildlife Fund</i>
ZER	Zonas Empresariais Responsáveis

Unidades

€	Euro
°C	Graus Celsius
µm	Micrómetro
cl	Centilitro
cm	Centímetro
GJ	Gigajoule
hl	Hectolitro
kg	Quilograma
kWh	Quilowatt-hora
l	Litro
m ³	Metro cúbico
MJ	Megajoule
ppb	Parte por bilião
ppm	Parte por milhão

Fórmulas Químicas

CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
N	Azoto
N ₂ O	Protóxido de azoto
NH ₃	Amoníaco
NO ₂	Dióxido de azoto
NO ₂ ⁻	Nitrito
NO ₃	Nitrato
NO _x	Óxidos de azoto
P	Fósforo
SO ₂	Dióxido de enxofre

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A Revolução Industrial teve início no século XVIII na Inglaterra, com uma mudança na forma de produção. Antes desta transição, a atividade produtiva era artesanal e manual (manufatura), passando posteriormente para uma produção mecanizada. As inovações tecnológicas oferecidas, proporcionaram uma maior celeridade aos processos de transformação de matérias primas. As principais responsáveis por esta melhoria na aceleração de processos e redução de custos, foram as máquinas movidas pela tecnologia do motor a vapor (Ashton, 1971).

Na Revolução Industrial, a Inglaterra ocupou um lugar preponderante, por possuir grandes reservas de carvão mineral (fonte de energia das máquinas e locomotivas a vapor) e de minério de ferro, sendo esta a matéria prima mais utilizada nesse período. O crescimento demográfico e consequente mão de obra em abundância, contribuiu para o crescimento desmesurado da industrialização, pois grandes massas de trabalhadores procuravam emprego nas cidades inglesas (Ashton, 1971).

Em poucas décadas, este movimento espalhou-se pela Europa Ocidental e pelos Estados Unidos da América. Os produtos passaram a serem mais baratos e produzidos mais rapidamente, estimulando desta forma o seu consumo (Mendes, 1995). De facto, a Revolução Industrial introduziu melhorias no conforto, na alimentação e na evolução dos meios de comunicação e transporte, o que se traduziu no aumento da esperança média de vida. Contudo, esta mudança teve repercussões negativas no ambiente, nomeadamente através do consumo desmedido de recursos naturais e da poluição da água, do ar e do solo (I. Pereira, 2009).

Desde a Revolução Industrial, as atividades antropogénicas adicionaram quantidades significativas de gases com efeito de estufa (GEE) para a atmosfera, fruto do consumo de combustíveis fósseis (VijayaVenkataRaman, et al., 2010).

Segundo o “*Fifth Assessment Report*” de 2013, do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), a concentração de GEE como o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o protóxido de azoto (N₂O) tem aumentado desde 1750. Em 2011, para os gases anteriormente referidos, registaram-se valores de 391 ppm, 1803 ppb e 324 ppb respetivamente, o que corresponde a acréscimos de 40%, 150% e 20% face ao período pré-industrial.

Os GEE são os principais responsáveis pelo aquecimento global, tendo-se verificado um aumento da temperatura média global de 0,85 °C entre 1880 e 2012. Também como resultado da emissão antropogénica de CO₂, tem-se constatado uma acidificação dos oceanos e degelo dos glaciares, o que tem conduzido a uma subida média das águas do mar, de aproximadamente 19 cm entre 1901 e 2010. De acordo com o IPCC, se as emissões de GEE continuarem dentro das tendências atuais, até 2100, a temperatura pode aumentar 4,8 °C, exacerbando efeitos nefastos nos diferentes ecossistemas. De forma a minimizar este significativo incremento de temperatura, é fulcral reduzir as emissões de GEE, de forma célere e significativa (IPCC, 2013).

As questões ambientais começaram a ter mais ênfase nos anos 1950 e 1960. A publicação do livro *“Silent Spring”* de Rachel Carson, em 1962, contribuiu para o despoletar do movimento ambientalista. Como efeito prático, este livro causou uma forte e duradoura comoção nos Estados Unidos e em outros países, desencadeando um movimento social que, entre outras coisas, levou à abolição do fertilizante diclorodifeniltricloroetano (DDT) e ao controlo sobre outros agrotóxicos e substâncias tóxicas, tornando-se um dos primeiros casos de controlo público sobre atividades produtivas modernas (Drummond, 2006).

Até 1972, ano da realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano em Estocolmo, a preocupação com o meio ambiente era só confinada a países industrializados, sendo tratado como um “luxo” para os países em desenvolvimento. Essa mesma conferência ficou marcada pelo confronto das perspetivas dos países desenvolvidos e dos países em desenvolvimento.

Os países desenvolvidos estavam preocupados com os efeitos no ambiente, propondo desta forma um programa internacional com medidas preventivas para a conservação dos recursos naturais. Em contrapartida, os países em desenvolvimento questionavam a legitimidade das recomendações dos países desenvolvidos. Segundo estes, os países desenvolvidos tinham atingido a supremacia industrial através do uso desmedido de recursos naturais, e queriam impor aos países em desenvolvimento complexas exigências de controlo ambiental, que poderiam encarecer e retardar a industrialização destes países (Kaur, 2010). Esta conferência teve como resultado a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - *United Nations Environmental Programme* (UNEP) (I. Pereira, 2009).

Em 1987, o termo “desenvolvimento sustentável” ganhou relevância internacional após a divulgação da publicação *“Our Common Future”*, também designada por “Relatório de

Brundtland”. Este relatório possui a definição mais amplamente conhecida de desenvolvimento sustentável:

“Desenvolvimento sustentável é aquele que permite satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer a possibilidade de as futuras gerações satisfazerem as suas.” (Ferrão, 1998).

Desta forma, torna-se imprescindível por parte da sociedade em geral e sobretudo das organizações, uma contribuição fundamental para o desenvolvimento económico e social, em conformidade com a redução dos impactes ambientais (Pereira, 2001).

Para dar resposta a esta necessidade, surge em 1992 o conceito de ecoeficiência desenvolvido pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) na sua publicação *“Changing Course”* (IISD, 2013). Segundo o WBCSD, a ecoeficiência trata-se de uma filosofia de gestão que encoraja o mundo empresarial a procurar melhorias ambientais que potenciem benefícios económicos. A ecoeficiência concentra-se em oportunidades de negócio, que possibilitam às empresas tornarem-se mais lucrativas e também mais responsáveis do ponto de vista ambiental, incentivando a inovação e, por conseguinte, o crescimento e a competitividade da empresa (BCSD Portugal, 2000a).

1.2 Objetivos

O objetivo principal da presente dissertação é avaliar a ecoeficiência do processo produtivo da Unicer de Leça do Balio. Esta avaliação foi realizada com base na metodologia do WBCSD publicada em 2000, e na metodologia presente na Norma Internacional ISO 14045 publicada em 2012, adotada pelo projeto EcoWater.

Selecionou-se a metodologia desenvolvida pelo WBCSD porque foi esta entidade que criou o conceito de ecoeficiência. Utilizou-se também a metodologia descrita na Norma Internacional ISO 14045:2012 pois esta foi criada por um organismo internacional de normalização que visa a aplicação em âmbito mundial.

Estas duas metodologias possuem uma base comum como a definição do objetivo e do âmbito e a análise da ecoeficiência propriamente dita. As diferenças passam pela seleção dos indicadores com repercussões nefastas no ambiente.

Na prática, é necessário o conhecimento geral do funcionamento da empresa, bem como o seu processo e técnicas utilizadas, para identificar a importância da utilização dos recursos no processo produtivo. Assim, e através da definição das fronteiras do sistema e da análise do inventário, foi possível avaliar a ecoeficiência da empresa, ao nível dos

consumos hídricos, energéticos, matérias primas, emissões atmosféricas e efluentes líquidos.

Esta análise permitiu posteriormente, identificar e relacionar a contribuição das diferentes fases de produção nos impactes ambientais identificados. Pretendeu-se verificar a hipótese de propor tecnologias e/ou métodos que possibilitassem melhorarias ao nível da ecoeficiência dos sistemas.

1.3 Organização da Dissertação

O presente trabalho realizado em ambiente empresarial encontra-se dividido em sete capítulos, seguidos das Referências Bibliográficas e Anexos. Desta forma, é feita uma descrição sucinta de cada um destes capítulos:

1. Introdução

Neste capítulo é realizada uma breve exposição do tema, tendo em conta todo o enquadramento ambiental e o surgimento da ecoeficiência. Também são apresentados os objetivos a desenvolver com a presente dissertação.

2. Revisão da Literatura

Primeiramente, é contextualizado o paradigma de desenvolvimento sustentável e a forma como as empresas podem contribuir para esta temática. De seguida, é apresentado o conceito de ecoeficiência e a sua forma de cálculo, à luz da metodologia desenvolvida pelo WBCSD e pela Norma Internacional ISO 14045:2012. Também são apresentadas algumas ferramentas de decisão ambiental que estão relacionadas com a ecoeficiência.

Neste capítulo, é igualmente apresentado um breve enquadramento legislativo aplicado às empresas.

3. Caso de Estudo - Unicer

Este capítulo inicia-se por uma apresentação da empresa acolhedora. Seguidamente, é explicado o processo produtivo da empresa e as suas matérias primas. Conjuntamente, são descritos alguns processos auxiliares que intervêm indiretamente no fabrico do produto.

4. Metodologias de Avaliação da Ecoeficiência

Aqui são apresentadas as duas metodologias utilizadas para avaliar a ecoeficiência da empresa. Em primeiro lugar, são expostas as etapas similares entre estas metodologias e posteriormente encontram-se as etapas díspares entre estas.

5. Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados os resultados e respetiva análise para as duas metodologias aplicadas da ecoeficiência.

6. Melhores Técnicas Disponíveis

Apresentação das melhores técnicas disponíveis para o setor de produção de cerveja, segundo o documento *Reference Document on Best Available Techniques in Food, Drink and Milk Industry*.

7. Conclusões

No capítulo final do conteúdo descrevem-se as principais conclusões relativas aos resultados obtidos, através de uma análise global de todo o trabalho, assim como as principais limitações encontradas e sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão da Literatura

2.1 Desenvolvimento Sustentável

A população mundial continua a crescer, tendo superado os 7 mil milhões de pessoas no ano de 2011, e prevê-se que em 2015 atinja os 8 mil milhões. O consumo excessivo de recursos naturais e a pobreza continuam a colocar uma enorme pressão sobre o meio ambiente. Em muitos territórios do planeta, o estado do meio ambiente está mais frágil e degradado do que há algumas décadas atrás. Apesar das melhorias notáveis ao nível da preservação dos rios e da qualidade do ar, em continentes como a Europa e a América do Norte, em geral tem-se assistido a um declínio do ambiente, especialmente em grandes partes do mundo ainda em desenvolvimento (Azapagic, et al., 2004).

Algumas das tendências inquietantes descritas no *subcapítulo 1.1*, como o consumo desmedido de recursos naturais, a poluição da água, do ar e do solo, fazem crer que o desenvolvimento atual é insustentável. Posto isto, o conceito de desenvolvimento sustentável tem ganho importância devido às preocupações sobre estas tendências adversas. Na sua essência, este é uma abordagem de desenvolvimento que se centra na integração da atividade económica com a proteção ambiental e as preocupações sociais (Baptista, 2010).

Uma das primeiras formulações sobre o conceito de desenvolvimento sustentável pode ser encontrada na “*World Conservation Strategy*” publicada conjuntamente em 1980 pela UNEP, *World Wildlife Fund* (WWF) e *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN). Este documento apela à consideração de três prioridades nas políticas de desenvolvimento: a manutenção dos processos ecológicos; o uso sustentável dos recursos; e a conservação da diversidade genética (Azapagic, et al., 2004).

Não obstante, o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou um reconhecimento mais amplo depois da publicação (como referido no *subcapítulo 1.1*) do “Relatório de Brundtland” em 1987, pela *World Commission on Environment and Development* (WCED) (Wu, 2014).

A criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente pela Organização das Nações Unidas (ONU), teve como intuito coordenar e centralizar ações ambientais implementadas pelos diferentes países, tornando-se no ramo da ONU focado na proteção do ambiente. Assim, este programa tornou-se o responsável pela organização de diversas convenções e conferências, as quais se focaram em diversas problemáticas ambientais, resultando desta forma em diversos planos de ação. Um exemplo de coordenação e de cooperação a nível internacional foi o Protocolo da Convenção para a Camada do Ozono, estabelecido em 1987 na cidade de Montreal

(Canadá), sendo considerado por alguns o acordo mais bem-sucedido de todos os tempos (Barros, 2010).

Um dos principais eventos desde o “Relatório de Brundtland”, que contribuiu para a interpretação mais ampla do conceito de desenvolvimento sustentável foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 no Rio de Janeiro (Brasil). Esta conferência, também conhecida por Cimeira da Terra, e que ocorreu vinte anos após a Conferência de Estocolmo, contou com a participação de cerca de 180 países, que definiram 27 princípios de apoio ao desenvolvimento sustentável. Este documento, denominado por Declaração do Rio, estabeleceu a obrigatoriedade da regulação ambiental através da cooperação entre países e da transmissão de informação às populações. Para aplicar estes princípios, foi também desenvolvida uma agenda de encargos, que funcionaria como aplicação prática da Declaração do Rio, intitulada por Agenda 21. Este documento é considerado uma referência não só a nível de proteção ambiental mas também ao nível do desenvolvimento económico e da justiça social (Barros, 2010).

Em setembro de 2002, dez anos após a Declaração do Rio, ocorreu em Joanesburgo na África do Sul, a Cimeira Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, também denominada Rio+10, onde os líderes e representantes de 183 países reafirmaram o desenvolvimento sustentável como um elemento central da agenda internacional (Tavares, 2009). O Rio+10 mudou ainda mais a agenda da sustentabilidade, consolidando e ampliando a compreensão do desenvolvimento sustentável, e em particular as ligações essenciais entre a pobreza, o meio ambiente e o uso dos recursos naturais (Azapagic, et al., 2004).

Na mesma linha temporal, em 2012 realizou-se a conferência Rio+20 na cidade do Rio de Janeiro, do qual resultou um documento acordado por 188 países, que dita o caminho para a cooperação internacional sobre desenvolvimento sustentável (United Nations Conference on Sustainable Development, 2012).

Todos estes eventos políticos colocaram o conceito de desenvolvimento sustentável como um importante objetivo a considerar por parte dos decisores políticos. Como resultado, temos observado uma proliferação de estratégias e políticas de desenvolvimento sustentável, iniciativas tecnológicas, científicas e educacionais inovadoras e novas legislações nacionais e institucionais. O conceito de desenvolvimento sustentável agora influencia governos, negócios e atividades económicas em diferentes níveis, o que afeta o estilo de vida do indivíduo e da sociedade (Azapagic, et al., 2004).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi também difundido na comunidade empresarial. Nas últimas três décadas, a compreensão e aceitação de desenvolvimento sustentável dentro das empresas tem crescido significativamente. Estas reconhecem que o desafio do

desenvolvimento sustentável significa adotar estratégias e atividades de negócio dos seus *stakeholders* (partes interessadas) que atendam às necessidades do presente da empresa, ao mesmo tempo que protege, sustenta e melhora os recursos naturais que serão necessários no futuro (Azapagic, et al., 2004).

2.1.1 A contribuição das empresas

Como referido anteriormente, um grande número de empresas tem-se preocupado com a formulação de estratégias e práticas empresariais mais sustentáveis.

Em Joanesburgo, dez anos após a Cimeira da Terra no Rio de Janeiro, foi manifestada a necessidade de integrar as empresas como agentes para o desenvolvimento sustentável (Mamede, 2013). A nova realidade consiste no facto da indústria passar a ser vista como parte da solução para se atingir a sustentabilidade, e não somente como a principal responsável pela degradação do ambiente (Pereira, 2009). Esta mudança representa a principal evolução relativamente à visão de outrora, ou seja, à ideia que o desenvolvimento económico se baseava fundamentalmente no consumo ilimitado de recursos naturais para a obtenção de bens e serviços (Pereira, 2001).

Contudo, apesar da simples assimilação e da clara compreensão acerca do conceito de desenvolvimento sustentável, a passagem para a prática torna-se por vezes difícil, nomeadamente no desenvolvimento de mecanismos e ferramentas para a sua aplicação. De forma a minimizar esta dicotomia, torna-se necessário que, como acima mencionado, as empresas desenvolvam estratégias de gestão mais eficientes e sustentáveis, por forma a obter-se resultados concretos de sustentabilidade (Pereira, 2009).

É imprescindível que as empresas definam e apliquem políticas, objetivos e sistemas eficazes de gestão ambiental, não só para cumprir os requisitos legais, mas também para promover a melhoria contínua do seu desempenho ambiental (Pereira, 2001).

Na atualidade, é perceptível que a reputação de uma empresa como sendo responsável, em grande medida é evidenciada pela sua capitalização no mercado. Assim, parece lógico que investir recursos financeiros na melhoria da reputação aumenta e sustenta o valor do acionista (BCSD Portugal, 2002).

As pressões ambientais têm contribuído para o aumento da consciencialização ambiental na indústria, bem como no estímulo da sua reação (Pereira, 2001). São diversos os intervenientes em busca da sustentabilidade empresarial, nomeadamente os colaboradores, os clientes, os fornecedores, os governos e agências governamentais, os cidadãos locais, as organizações não-governamentais (ONGs), os investidores e as entidades financiadoras (BCSD Portugal, 2010).

Quando corretamente executada a comunicação do desenvolvimento sustentável pelas empresas, estas podem demonstrar aos grupos de interesse que estão honestamente a esforçar-se por alcançar os valores de desempenho e as expectativas de todos os intervenientes, a nível financeiro, ambiental e social (BCSD Portugal, 2002).

Alguns empresários poderão argumentar que a comunicação torna a empresa mais transparente, podendo desta forma torná-la mais suscetível a críticas. Embora muitas vezes possa ser difícil uma comunicação consistente, aberta e honesta, esta atrai a confiança das partes interessadas, constituindo assim um bem especialmente valioso nestes tempos difíceis da conjuntura económica (BCSD Portugal, 2002).

Geralmente as empresas costumam empenhar-se em atividades rumo à sustentabilidade, caso estas permitam um retorno dos investimentos, a curto ou médio prazo. Porém, a natureza complexa do desenvolvimento sustentável requer, muitas vezes, uma abordagem a longo prazo e, frequentemente, apela a ações da sociedade civil no seu conjunto, extravasando as fronteiras das empresas (BCSD Portugal, 2002).

Em termos práticos, a introdução do conceito de desenvolvimento sustentável no sector empresarial tem a sua tradução na implementação de formas mais eficientes de gestão, tais como as práticas de ecoeficiência ou a produção mais limpa (Pereira, 2009).

2.2 Ecoeficiência

O conceito ecoeficiência foi utilizado, pela primeira vez, em 1990, pelos investigadores, Schaltegger e Sturm, na cidade de Basileia. No entanto a ideia de que prevenir a poluição e evitar desperdícios traz benefícios financeiros, existia há pelo menos 15 anos (BCSD Portugal, 2000a).

Em 1975, o fabricante americano de bens de consumo *Minnesota Mining & Manufacturing Co.* (3M), iniciou o programa de “A Prevenção da Poluição Recompensa” (*Pollution Prevention Pays* - 3P's) atingindo 750 milhões de dólares em poupanças acumuladas no primeiro ano (DeSimone, et al., 1997). A *Dow Chemicals*, também com êxito, seguiu-lhe o exemplo com o programa “A Redução dos Desperdícios Recompensa Sempre” (*Waste Reduction Always Pays* - WRAP) (BCSD Portugal, 2000a).

Em 1992, através do *Changing Course* (Mudança de Rumo), Stephan Schmidheiny e o agora denominado WBCSD recuperaram este conceito e lançaram mundialmente o termo ecoeficiência (BCSD Portugal, 2000a; Wrisberg, et al., 2002).

Desde essa data, o WBCSD difundiu a ecoeficiência como um conceito de negócio fundamental que traz progresso corporativo rumo à sustentabilidade e auxiliou a sua adoção por diversas empresas, localizadas primeiro na Europa e na América do Norte e Latina, alargando-se depois a outros continentes (BCSD Portugal, 2000a).

Muitos líderes de negócios, dentro e fora do WBCSD, definem frequentemente a ecoeficiência como a “criação de mais valor com menos impacto” ou “fazer mais com menos”. Especialistas designam a ecoeficiência como a síntese da “eficiência económica e ambiental em paralelo”, em que o prefixo “eco” representa a economia e a ecologia. A *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OCDE) definiu a ecoeficiência como “a eficiência com a qual os recursos ecológicos são utilizados ao serviço das necessidades humanas” e define-a como o rácio de uma “saída” (o valor dos produtos e serviços produzidos por uma empresa, setor ou economia, como um todo), dividido pela “entrada” (a soma das pressões ambientais geradas pela empresa, setor ou economia) (BCSD Portugal, 2000a).

A ecoeficiência não se limita a fomentar melhorias da eficiência nas práticas e nos hábitos existentes, estimulando também a criatividade e a inovação na procura de novas formas de atuar. Não se restringe apenas às áreas no âmbito das empresas, tais como a gestão fabril e a produção, pois é também válida para as atividades a montante e jusante da unidade fabril e envolve as cadeias de oferta e de valor do produto. Conclui-se assim, que as oportunidades para a ecoeficiência podem surgir em qualquer ponto do ciclo de vida de um produto (BCSD Portugal, 2000a).

É de salientar que apesar de todas as suas vantagens, a ecoeficiência não é suficiente por si só, pois apenas integra dois dos três pilares da sustentabilidade (a economia e o ambiente). Esta não inclui o progresso social, que é um pilar fundamental para o desenvolvimento sustentável (Moreira, 2009).

2.2.1 Dimensões da ecoeficiência

As dimensões da ecoeficiência estão intimamente associadas aos pilares de desenvolvimento sustentável. O conceito de desenvolvimento sustentável encontra-se estreitamente ligado às ambições de bem-estar e progresso social. De facto, o desenvolvimento sustentável não diz respeito apenas aos aspetos ambientais, engloba também preocupações de carácter económico e social (Rocha, 2006).

Assim, o conceito de desenvolvimento sustentável pode ser representado pela *Figura 1* em que os três círculos representam as dimensões associadas, ambiental, económica e social (BCSD Portugal, 2005).

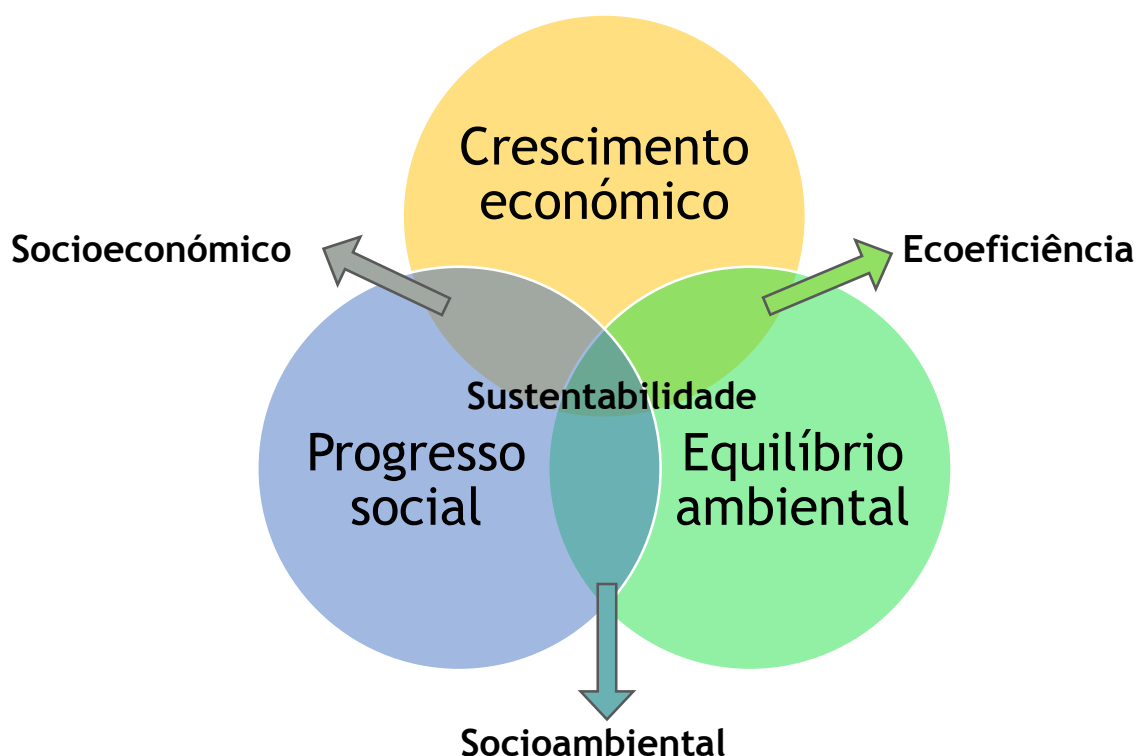


Figura 1 - Dimensão ambiental, económica e social do desenvolvimento sustentável (adaptado de BCSD Portugal, 2005).

Como observado na *Figura 1*, a ecoeficiência é caracterizada por deter uma dimensão económica e uma dimensão ambiental.

São inegáveis e evidentes os benefícios económicos associados à adoção de medidas ecoeficientes numa organização. De facto, a redução de custos associados a consumos de água, energia por unidade de produto finalizado e adoção de processos mais eficientes, refletem-se de forma explícita em benefícios financeiros, permitindo que as organizações obtenham mais lucros (Pereira, 2009).

A ecoeficiência por se apoiar no pilar de equilíbrio ambiental, desempenha uma função vital no que respeita à proteção deste. Como já exposto, o ambiente passou a ser uma das componentes a gerir dentro das organizações, contudo esta mudança deveu-se na maioria dos casos a obrigações legais e não devido à consciencialização ambiental e conhecimento de que a proteção do ambiente compensa sempre (Pereira, 2009).

2.3 Quantificação da Ecoeficiência

Os sete componentes que promovem a melhoria da ecoeficiência são (BCSD Portugal, 2000b):

1. redução da intensidade de material;
2. redução da intensidade energética;

3. redução da dispersão de substâncias tóxicas;
4. aumento da reciclabilidade;
5. otimização do uso de materiais renováveis;
6. prolongamento do ciclo de vida do produto;
7. aumento da intensidade do serviço.

A redução da intensidade de materiais consumidos, energia consumida e dispersão de substâncias tóxicas são os objetivos mais acessíveis. Os restantes princípios são complementares, ou seja, vão auxiliar a concretização dos objetivos na empresa ao nível da conceção, produção e *marketing* (Pereira, 2010).

A avaliação da ecoeficiência pode ser efetuada através de uma abordagem prática, isto é, através da quantificação de indicadores de desempenho dos processos de produção e consumo (Wrisberg, et al., 2002). Desta forma, a ecoeficiência pode ser representada pelo seguinte rácio (BCSD Portugal, 2000a):

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor do produto ou serviço}}{\text{Influência ambiental}}$$

A ecoeficiência pode ser calculada de diversas formas atendendo à equação básica supramencionada. Tanto o valor do produto ou serviço como a influência ambiental, incluem diferentes indicadores que não podem ser fundidos num único número (BCSD Portugal, 2000b).

As organizações têm de escolher os indicadores de ecoeficiência, que melhor se adequam ao seu processo de comunicação e de tomada de decisões. O valor do produto e a influência no ambiente podem igualmente ser medidos para diferentes setores, tais como linhas de produção, unidades industriais ou empresas propriamente ditas, assim como por produtos individuais, segmentos de mercado ou economias por inteiro (BCSD Portugal, 2000b).

Os rácios da ecoeficiência para produtos individuais ou segmentos de mercado podem ajudar a demonstrar o desempenho do produto, de um modo mais acessível aos utilizadores (BCSD Portugal, 2000b).

O WBCSD recomenda que os rácios da ecoeficiência sejam apresentados de acordo com a equação anteriormente mencionada, ou seja, valor do produto ou serviço por influência ambiental, uma vez que assim, o aumento do rácio da eficiência reflete-se numa melhoria do desempenho (BCSD Portugal, 2000b). Portanto, as empresas ambicionam atingir rácios de ecoeficiência cada vez mais elevados, o que se traduz em “criar mais valor com menos impacte” (Moreira, 2009).

Muitas empresas e utilizadores aplicam a fórmula da maneira inversa ao exposto anteriormente, ou seja, a influência ambiental por unidade de valor. Estes cálculos resultam em rácios de

intensidade de impacto, em que um rácio de intensidade em declínio ao longo do tempo reflete uma melhoria do desempenho (BCSD Portugal, 2000b).

2.3.1 Indicadores da ecoeficiência

O WBCSD, talvez o principal promotor da ecoeficiência, propôs uma abordagem contendo três níveis de organização da informação da ecoeficiência: categorias, aspetos e indicadores. Estes níveis são concordantes com a terminologia utilizada nas normas de série ISO 14000 e na *Global Reporting Initiative* (BCSD Portugal, 2000b).

As categorias são caracterizadas como sendo as áreas gerais de influência no ambiente, saúde e qualidade de vida, ou na atividade da empresa que são quantificáveis e aplicáveis a todas as organizações (Pereira, 2010). As categorias consideradas na metodologia de determinação dos indicadores de ecoeficiência são (BCSD Portugal, 2000b):

- ❖ Valor do produto/serviço;
- ❖ Influência ambiental na criação do produto/serviço;
- ❖ Influência ambiental na utilização do produto/serviço.

Por sua vez, os aspetos são compreendidos como sendo áreas de informação específica relacionada com um tipo de categoria (Pereira, 2001). Os aspetos propostos pelo WBCSD para cada uma das três categorias de ecoeficiência, são (BCSD Portugal, 2000b):

- ❖ Valor do produto/serviço
 - Volume/massa;
 - Unidade monetária;
 - Função.
- ❖ Influência ambiental na criação do produto/serviço
 - Consumo de energia;
 - Consumo de materiais;
 - Consumo de recursos naturais;
 - Saídas relacionadas com o produto (emissões, resíduos);
 - Acontecimentos imprevistos.
- ❖ Influência ambiental na utilização do produto/serviço
 - Características do produto/serviço;
 - Resíduos da embalagem;
 - Consumo de energia;
 - Emissões durante a utilização/eliminação.

Os indicadores são as medidas específicas de um aspeto individual, que pode ser usado para pesquisar e demonstrar o desempenho da organização. Desta forma, os indicadores podem ser

agrupados em dois tipos que auxiliam as empresas a manterem flexível o sistema de comunicação (BCSD Portugal, 2000b).

O primeiro grupo que possui um número inferior de indicadores foi identificado como válido para praticamente todos os negócios, sendo estes os chamados de “indicadores de aplicação genérica”. Estes indicadores, embora não tendo o mesmo grau de importância e valor para todas as empresas, têm de ser coerentes no que diz respeito a (BCSD Portugal, 2000b):

- estarem relacionados com uma preocupação ambiental global ou com um valor global para o mundo dos negócios;
- serem relevantes e significativos para praticamente todos os negócios;
- aceitação global dos métodos de medição.

Todos os outros indicadores que não obedecem aos três critérios acima mencionados, são denominados de “indicadores específicos do negócio” (Pereira, 2001).

Salienta-se que estas distinções não implicam que os “indicadores de aplicação genérica” sejam mais importantes do que os “indicadores específicos do negócio”. Essa questão dependerá única e exclusivamente da natureza da própria empresa. Esta diferenciação serve apenas para identificar um pequeno conjunto de indicadores que pode ser utilizado por todas as organizações (BCSD Portugal, 2000b).

Como resultado do trabalho desenvolvido por parte do WBCSD, este apresentou um conjunto de indicadores gerais que podem ser utilizados por todos os negócios. Estes indicadores de aplicação genérica são (BCSD Portugal, 2000b):

- ❖ Valor do produto/serviço
 - ♦ Quantidade de mercadoria produzida/serviços prestados aos clientes;
 - ♦ Vendas líquidas.
- ❖ Influência ambiental na criação do produto/serviço
 - ♦ Consumo de energia;
 - ♦ Consumo de materiais;
 - ♦ Consumo de água;
 - ♦ Emissões de gases com efeito de estufa;
 - ♦ Emissões de substâncias deterioradoras da camada do ozono.

Não existem indicadores de aplicação genérica para a influência ambiental da utilização do produto/serviço, uma vez que todos os indicadores no âmbito deste grupo são considerados como específicos do negócio (BCSD Portugal, 2000b).

Quando é realizada a seleção dos indicadores deve-se ter em consideração as características da empresa, para que estes sejam consistentes, ambientalmente relevantes, exatos e úteis para o seu caso específico (Pereira, 2010).

Para uma melhor aplicação dos indicadores estes devem (BCSD Portugal, 2000b):

- ser claramente definidos, mensuráveis, transparentes e verificáveis;
- ser compreensíveis e significativos para os *stakeholders*;
- ser pertinentes e consideráveis na proteção do ambiente e da saúde humana e/ou na melhoria da qualidade de vida;
- facultar informação aos órgãos de decisão, com a finalidade de melhorar o desempenho da organização;
- reconhecer a multiplicidade inerente a cada organização;
- apoiar o *benchmarking* (comparação) e monitorizar a evolução;
- fundamentar-se numa avaliação geral da atividade da empresa, produtos e serviços, sobretudo concentrando-se naquelas áreas controladas diretamente pela gestão;
- tomar em consideração questões relevantes e significativas, relacionadas com as atividades da empresa, a montante e a jusante.

A agregação de indicadores leva, por vezes, a que se perca informação importante sobre o desempenho da empresa. Consequentemente, a agregação de indicadores deve ser efetuada com cuidado e de forma transparente. Esta é uma questão particularmente relevante quando a informação é tornada pública e/ou quando se está a promover o *benchmarking* (Moreira, 2009).

A quantificação da ecoeficiência através de indicadores e rácios pode ser utilizada pelas empresas em relatórios ambientais (Pereira, 2001). Enquanto o WBCSD trabalhava no projeto de desenvolvimento de indicadores, esta organização manteve-se em ligação com outras iniciativas importantes nas áreas dos indicadores, e comunicação, tanto do desempenho de empresas (ao nível microeconómico) como do desempenho da economia em geral (ao nível macroeconómico) (BCSD Portugal, 2000b).

Uma das iniciativas e programas mais importantes foi a norma internacional da ISO 14031:2004 de Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA). É por esse facto, que o WBCSD recomenda a ISO 14031 como a primeira abordagem a ser utilizada na seleção dos indicadores específicos de influência ambiental para o setor ou empresa (BCSD Portugal, 2000b).

Também a *Coalition for Environmentally Responsible Economies* (CERES) com a *Global Reporting Initiative* (GRI) concentraram-se no desenvolvimento de um formato comum, harmonizado, para a comunicação da sustentabilidade das empresas (BCSD Portugal, 2000b). De facto, a necessidade de uma estrutura de conceitos partilhada globalmente, uma linguagem consistente e uma métrica largamente compreendida, a fim de comunicar de forma clara e transparente questões relativas à sustentabilidade, foi satisfeita pela GRI. Esta ofereceu uma estrutura credível para a elaboração dos relatórios de sustentabilidade, que pode ser utilizada

pelas várias organizações independentemente da sua dimensão, setor ou localização (GRI, 2007).

A norma 14031 define avaliação do desempenho ambiental (ADA) como um processo de avaliação de gestão interna, baseado em indicadores que proporcionem informações que permitam uma comparação de um período passado e atual relativamente aos critérios do desempenho ambiental estabelecidos (Santos, 2007). Esta norma divide os indicadores para ADA em duas categorias gerais, como os Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) e os Indicadores das Condições Ambientais (ICA). Por sua vez, os indicadores de desempenho ambiental (IDA), podem ser divididos em (NP EN ISO 14031, 2004):

- Indicadores de Desempenho da Gestão (IDG), que são um tipo de IDA que fornecem informações sobre a capacidade da organização e esforços despendidos em melhorar o desempenho ambiental;
- Indicadores de Desempenho Operacional (IDO), que são um tipo de IDA que fornecem informações sobre o desempenho ambiental das operações da organização, tais como materiais de entrada, energia e serviços, assim como saídas de produtos, emissões e resíduos.

Por sua vez, os ICA fornecem informações sobre a condição do meio ambiente em escala (local, regional, nacional ou global), podendo ajudar a organização a entender melhor o impacto real ou potencial de seus aspetos ambientais, e assim auxiliar no planeamento e na implementação da ADA (NP EN ISO 14031, 2004).

De acordo com a classificação da ISO 14031, o indicador mais importante que permite medir a ecoeficiência é o Indicador de Desempenho Operacional (BCSD Portugal, 2000b).

2.4 Avaliação da Ecoeficiência

Em 2012 foi publicada uma norma internacional ISO 14045 que permitiu standardizar a forma como é avaliada a ecoeficiência de um sistema de produto.

A avaliação de ecoeficiência é uma ferramenta de gestão quantitativa que permite estudar os impactos ambientais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida, juntamente com o valor do sistema produtivo para os *stakeholders* (EN ISO 14045, 2012).

Na avaliação de ecoeficiência, os impactos ambientais são avaliados utilizando a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), na literatura inglesa *Life Cycle Assessment* (LCA), de acordo com as Normas Internacionais correspondentes, ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006. Consequentemente, a avaliação de ecoeficiência apresenta muitos princípios importantes da ACV, tais como a perspectiva de ciclo de vida, a abordagem relativa e unidade funcional, a natureza iterativa, a

transparência, a compreensão e por fim a prioridade de uma abordagem científica (EN ISO 14045, 2012).

O valor do sistema de produto pode ser escolhido para refletir, por exemplo, a produção, a eficiência de transporte ou utilização, ou uma combinação destes. O valor pode ser expresso em termos monetários ou outros aspetos de valor (EN ISO 14045, 2012). É frequentemente utilizada a ferramenta de Custo do Ciclo de Vida (CCV), na literatura inglesa *Life Cycle Cost* (LCC), para determinar o valor do sistema de produto (Burchart-Korol, et al., 2013).

Os principais objetivos da norma ISO 14045:2012 são (EN ISO 14045, 2012):

- estabelecer uma terminologia clara e um quadro metodológico comum para a avaliação da ecoeficiência;
- permitir o uso prático de avaliação da ecoeficiência para uma ampla gama de produtos (incluindo serviços) dos sistemas;
- fornecer orientação clara sobre a interpretação dos resultados da avaliação da ecoeficiência;
- estimular a comunicação transparente, precisa e informativa dos resultados da avaliação de ecoeficiência.

De seguida serão apresentadas as duas ferramentas mais utilizadas para a aplicação da ecoeficiência, a Avaliação do Ciclo de Vida e o Custo do Ciclo de Vida, bem como outras ferramentas e conceitos relacionados com a ecoeficiência.

2.4.1 Avaliação do Ciclo de Vida

Como referido anteriormente, as especificações para aplicação da ACV estão descritas nas Normas Internacionais ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006.

A Avaliação do Ciclo de Vida permite avaliar os impactos ambientais (por exemplo, utilização de recursos e consequências ambientais das emissões e descargas) ao longo do ciclo de vida do produto, desde a obtenção das matérias primas, passando pela produção, utilização, tratamento no fim-de-vida, reciclagem e deposição final, ou seja, do berço ao túmulo (*cradle-to-grave*) (NP EN ISO 14040, 2006). Existem diversos tipos de estudo de ACV, tendo em conta as fronteiras do sistema. Estes poderão ser estudos *cradle-to-gate*, que têm somente em linha de conta a obtenção das matérias primas e a produção, ou estudos *gate-to-gate*, que apenas contabilizam o fabrico do produto (Baumann, et al., 2004).

Um estudo de ACV é compreendido em quatro fases (NP EN ISO 14040, 2006):

1. definição do objetivo e do âmbito;
2. análise do inventário;

3. avaliação de impacto;
4. fase de interpretação.

O âmbito de uma ACV, incluindo a fronteira do sistema e o nível de detalhe, depende do objeto e do intuito do estudo. A profundidade e a amplitude da ACV podem diferir consideravelmente, consoante o objetivo de cada ACV em particular (NP EN ISO 14040, 2006).

A fase do inventário do ciclo de vida (fase de ICV) constitui um registo dos dados de entrada/saída relativos ao sistema em estudo. Este envolve a recolha dos dados necessários para atingir os objetivos do estudo definido. Após a recolha dos dados é necessário proceder à sua validação e relacioná-los com os processos unitários e com o fluxo de referência da unidade funcional. Estes procedimentos de cálculo permitem produzir os resultados do inventário do sistema definido para cada processo unitário e para a unidade funcional definida do sistema de produto a ser modelado. Quando se lida com sistemas que envolvem produtos múltiplos e sistemas de reciclagem, deverá ser considerada a necessidade de processos de alocação. É necessário também, uma análise da qualidade da informação e das lacunas dos dados (NP EN ISO 14040, 2006).

A fase de avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) destina-se a avaliar a significância dos potenciais impactos ambientais, utilizando os resultados do ICV. Resumidamente, este processo envolve a associação dos dados do inventário a categorias específicas de impacto ambiental e a indicadores de categoria, permitindo assim compreender estes impactos. A fase de AICV fornece ainda informação para a fase de interpretação do ciclo de vida (NP EN ISO 14040, 2006).

A interpretação do ciclo de vida é a fase final do procedimento da ACV, na qual os resultados de um ICV ou de uma AICV, ou ambos, são reunidos e discutidos como uma base para conclusões, recomendações e tomada de decisões de acordo com a definição do objetivo e do âmbito (NP EN ISO 14040, 2006).

Os resultados da ACV poderão constituir dados úteis para uma variedade de processos de tomada de decisão. As aplicações diretas dos resultados dos estudos de ACV ou ICV, isto é, as aplicações previstas na definição do objetivo e âmbito do estudo de ACV ou ICV, estão apresentadas na *Figura 2*.

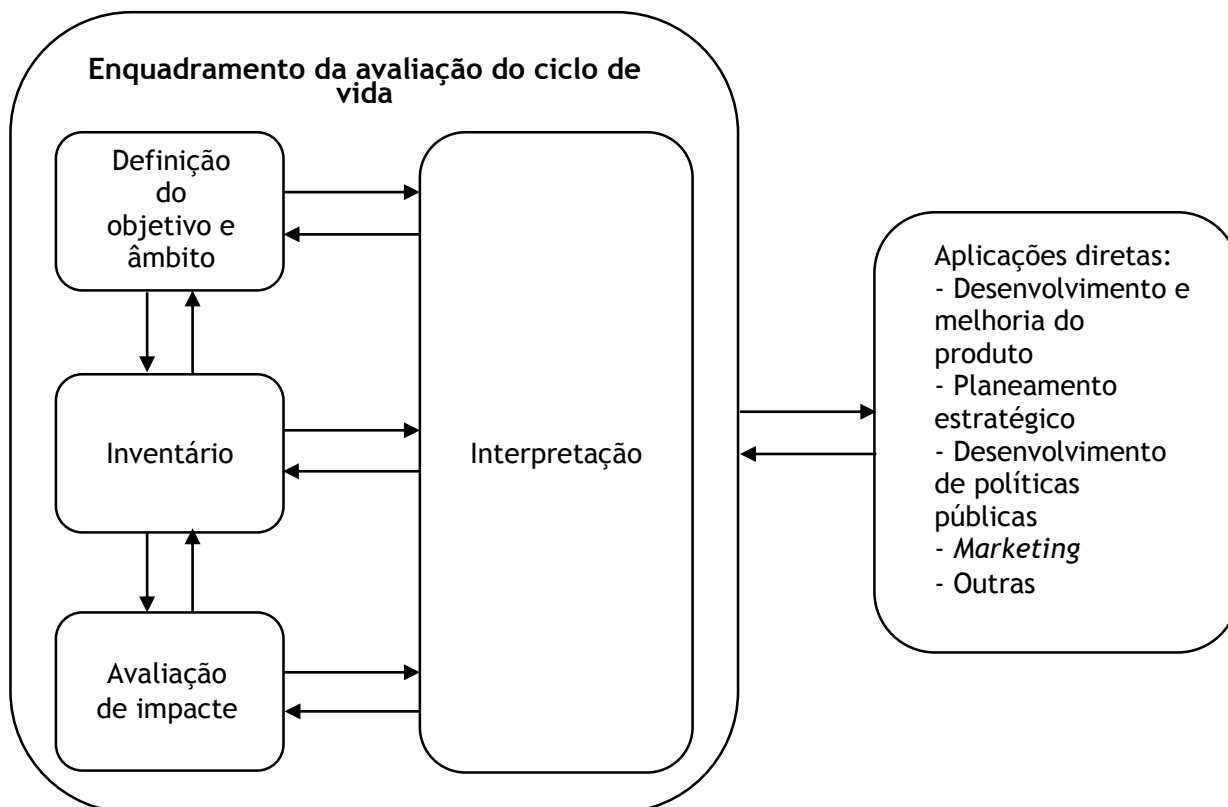


Figura 2 - Fases de uma Avaliação do Ciclo de Vida (adaptada de NP EN ISO 14040, 2006).

A Avaliação do Ciclo de Vida visa descrever as consequências ambientais dos produtos ou serviços desde o berço ao túmulo. As principais características da ACV podem ser formuladas da seguinte forma (Wrisberg, et al., 2002):

- a ACV permite um estudo de diferentes opções para suprir uma dada função. Assim, articula mudanças nos produtos (bens e serviços) para reduzir os impactos sobre o meio ambiente.
- a ACV permite abordar os impactes ambientais do berço ao túmulo, podendo induzir as empresas a ultrapassarem as suas fronteiras e os governos a detetar efeitos colaterais inesperados das suas políticas.
- a ACV é abrangente no que diz respeito às intervenções e questões ambientais consideradas. Em princípio, todas as questões ambientais relacionadas são resultantes de extrações, emissões e outras intervenções físicas, como alterações na utilização da terra.
- a ACV pode fornecer resultados quantitativos e qualitativos. Através dos resultados quantitativos, torna-se mais fácil identificar as partes problemáticas do ciclo de vida e especificar alternativas por forma a cumprir a função.

O grande benefício da ACV é a possibilidade de conhecer as oportunidades de melhoria em cada uma das fases, contribuindo para a diminuição dos recursos naturais (Afonso, 2008).

2.4.2 Custo do Ciclo de Vida

O custo é sempre um tema central quando as empresas desenvolvem e constroem novos produtos. Entre 75 e 80% do custo total do ciclo de vida é determinado na fase de concepção de um produto. O custo pode ser reduzido por meio de análise do Custo do Ciclo de Vida (CCV) de um produto durante a fase de projeto (Tegstedt, 2011).

O CCV é uma ferramenta que calcula os custos do ciclo de vida completo de um produto. Esta análise inclui todos os custos internos, acrescidos dos custos externos incorridos ao longo de todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade (Wrisberg, et al., 2002).

O ciclo de vida inclui a fase de projeto, a fase de produção, a fase de utilização e, finalmente, a fase de eliminação/reciclagem. Os clientes e os produtores podem utilizar o CCV para diferentes análises, dependendo da fase do ciclo de vida do produto/serviço afetada. Como o custo para um é a receita para um outro, os resultados do CCV diferenciam-se entre os diferentes casos. Um consumidor de um produto está mais interessado no custo de compra do produto, no custo de utilização do produto e no custo de eliminação deste. A diferenciação dos custos de produção da matéria prima e a produção do produto não tem importância para um cliente. Por outro lado, se um produtor está a avaliar o custo do ciclo de vida para um de seus produtos, este tem interesse em diferenciar os custos da primeira parte de um ciclo de vida do produto, especialmente quando a receita com a venda do produto pode ser aumentada devido a custos desnecessários na fase de produção (Tegstedt, 2011).

Os custos do ciclo de vida podem ser diferenciados entre custos internos e custos externos. Os custos internos são todos os custos e receitas que estão conectados ao sistema económico. Estes custos incluem os custos de produção, de transporte, de utilização do produto e os custos para sua eliminação no final do seu ciclo de vida (Tegstedt, 2011).

Devido à sua natureza, os custos internos podem ser atribuídos ao proprietário de cada produto ou serviço em cada etapa do ciclo de vida. No entanto, os custos externos, também conhecidos como externalidades, são custos que não podem ser ligados diretamente a um produtor ou a um consumidor de um produto ou serviço. Estes custos ocorrem devido aos impactos ambientais e sociais (Tegstedt, 2011).

2.4.3 Produção mais Limpa

A Produção mais Limpa é um dos conceitos que está relacionado com a Ecoeficiência. Este conceito surgiu em meados dos anos 70, como resposta às exigências cada vez mais restritivas e complexas das legislações ambientais vigentes. Os conceitos de prevenção da poluição e minimização de resíduos tornaram mais claros os benefícios económicos e a efetividade das

soluções ambientais decorrentes da aplicação destes conceitos para vencer os desafios de adequação do setor industrial na área ambiental (Santos, 2007).

A UNEP define a Produção mais Limpa (*Cleaner Production*) como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aplicada a processos, produtos e serviços para aumentar a ecoeficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e para o meio ambiente. Em muitos aspetos, a Produção Mais Limpa baseia-se na operacionalização ecoeficiente ao nível do processo (ou seja, através da conservação de matérias primas e de energia, eliminando as matérias primas tóxicas e redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos do processo) e ao nível de produto (ou seja, por redução dos impactos ao longo de todo o ciclo de vida do produto, desde a extração das matérias primas até à deposição final do produto) (WBCSD, 2005).

2.4.4 Ecologia Industrial

As primeiras citações de 1998 sobre Ecologia Industrial referem que os sistemas industriais existentes devem adotar como modelos os ecossistemas naturais no que respeita às práticas de preservação do Ambiente. Isto porque, os ecossistemas biológicos possuem um eficiente ciclo de uso e reciclagem de materiais e energia. Esta analogia com os ecossistemas naturais revela a perspetiva ecológica da disciplina de Ecologia Industrial (Neto, 2010). Assim, esta enfatiza a necessidade de procurar um maior sinergismo entre os processos industriais, ligando diferentes processos de produção através dos seus fluxos de resíduos e incentivar os fluxos cíclicos de materiais, de maneira a melhorar o potencial de redução dos impactos ambientais (Wrisberg, et al., 2002).

A Ecologia Industrial considera que as empresas podem ser vistas como agentes impulsionadores da melhoria ambiental pois dispõe de conhecimento tecnológico para a execução de produtos e processos mais favoráveis ambientalmente. O objetivo é aprimorar o conhecimento de como se pode integrar as preocupações ambientais nas atividades económicas, sendo que esta integração é importante na resolução dos problemas ambientais atuais e futuros (Neto, 2010).

Tanto a Ecologia Industrial como a Produção mais Limpa focam-se no uso eficiente de materiais. Ao passo que, a Produção mais Limpa aborda a prevenção da poluição, substituindo as matérias primas e melhorando o processo tecnológico para reduzir as substâncias perigosas para o meio ambiente, a Ecologia Industrial procura uma maior relação entre indústrias (*networking*) evidenciando a utilização e reutilização de resíduos gerados por um processo industrial que pode ser usado como matéria-prima num outro processo industrial.

2.4.5 Ecodesign

O *Ecodesign* ou *Design for Environment* é a integração dos aspetos ambientais no processo de desenvolvimento de um produto. Destina-se a levar a uma situação *win-win*, em que há benefícios para o negócio e para o meio ambiente (Wrisberg, et al., 2002). Este conceito faz uso dos princípios de Ecologia Industrial e de uma das suas ferramentas principais (Avaliação do Ciclo de Vida) pois qualquer aplicação de *Ecodesign* visa minimizar o impacte ambiental de um produto ou serviço durante a globalidade do seu ciclo de vida.

A vida de um produto começa com a conceção de um projeto inicial e o custo final do produto é determinada pela fase de projeto, sendo este custo associado a questões económicas e ambientais. Assim, assumindo que o impacto de um produto sobre o meio ambiente é determinada na fase de projeto, é simples perceber a importância do *Ecodesign*. No entanto, ainda há uma forte necessidade de uma ferramenta para facilitar a integração e a avaliação das exigências ambientais no desenvolvimento do processo produtivo (Almeida, et al., 2010).

Os “*designers ecológicos*” preocupam-se em diminuir a utilização de materiais tóxicos e energia nas indústrias e habitações, facilitando a desmontagem, a reutilização e a reciclagem e trabalhando em prol da redução dos hábitos de procura e os resíduos gerados pelos consumidores. Esta ferramenta para ser aplicada de uma forma correta, deve integrar três elementos baseados no ciclo de vida de um produto, isto é, o custo do produto (valor económico), o impacte ambiental (representa o valor ambiental e a influência no ambiente global) e a *performance* (satisfação do consumidor em relação à saúde, benefícios e comodidade) (Matos, 2012).

As estratégias de *Ecodesign* são linhas orientadoras que devem ser utilizadas durante a conceção de um produto, pois é através destas medidas que efetivamente se atinge a redução dos impactos ambientais do produto. Contudo é necessário uma seleção das estratégias apropriadas, para que a aplicação da ferramenta seja bem-sucedida. Estas estratégias de *Ecodesign* estão profundamente relacionadas com o ciclo de vida do produto, como por exemplo (Matos, 2012):

- escolha de materiais de baixo impacte ambiental;
- evitar materiais tóxicos ou perigosos;
- escolher processos de produção limpa;
- maximizar a eficiência da utilização de energia e água;
- *design* para a redução de resíduos.

2.4.6 Sistema de Gestão Ambiental

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é a parte de um sistema global de gestão que inclui a estrutura organizacional, responsabilidades, práticas, atividades de planeamento, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar e gerir os assuntos ambientais da organização, assegurando desta forma a conformidade com as políticas, normas e expectativas das partes interessadas. Um SGA pode ajudar a identificar as oportunidades de ecoeficiência que podem ocorrer dentro de uma empresa (WBCSD, 2005).

O objetivo de reduzir (ou eliminar) os impactes e de integrar o ambiente na estratégia das organizações, foram desenvolvidos pelos SGA que empregam as boas práticas através da implementação de determinadas normas (Afonso, 2008).

Em Portugal existem dois referenciais principais para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental, sendo eles o EMAS, aplicável a atividades industriais e aos países da União Europeia, e a norma NP EN ISO 14001:2004 que é reconhecida e aceite internacionalmente e pode ser aplicável a qualquer tipo de organização. Não se verificam grandes diferenças entre estes dois referenciais, embora o EMAS seja um pouco mais restritivo em algumas cláusulas do que a ISO 14001 (Moreira, 2009).

2.5 Enquadramento Legislativo

Em 2012, foi criado em Portugal um novo quadro jurídico para o setor da indústria. Assim surgiu o Decreto-Lei nº169 de 2012, que revoga o Decreto-Lei nº209/2008, com o objetivo de consolidar num único diploma diversas matérias do licenciamento industrial, aprovando desta forma o Sistema da Indústria Responsável (SIR). Este sistema, de acordo com o referido diploma, regula o exercício da atividade industrial, a instalação e exploração de Zonas Empresariais Responsáveis (ZER), e o processo de acreditação de entidades (Decreto-Lei nº169, 2012).

De acordo com o Decreto-Lei nº169/2012, o Sistema da Indústria Responsável tem como intuito prevenir riscos e inconvenientes resultantes da exploração dos estabelecimentos industriais, de forma a salvaguardar a saúde e segurança pública e dos trabalhadores, assim como dos bens, a qualidade do ambiente e um correto ordenamento do território, num quadro de desenvolvimento sustentável e de responsabilidade social das empresas, assente na simplificação e na transparência de procedimentos (Decreto-Lei nº169, 2012).

Este sistema é aplicado às atividades industriais referidas em anexo do diploma supramencionado, das quais faz parte a indústria cervejeira.

O SIR classifica os estabelecimentos industriais em três tipos, classificação essa que é atribuída em função do grau de risco potencial inerente à exploração, para as pessoas e ambiente. A empresa em estudo enquadra-se nos estabelecimentos industriais de tipo 1.

O diploma anteriormente referido, introduziu alterações à definição dos estabelecimentos de maior perigosidade, isto é, os estabelecimentos do chamado tipo 1. Assim, os estabelecimentos pertencentes a esta tipologia já abrangidos pelos regimes de avaliação de impacto ambiental (AIA), prevenção de acidentes graves envolvendo substâncias perigosas (PAG) e/ou prevenção e controlo integrado da poluição (PCIP), deixam de estar providos da obrigação de realização de operações de gestão de resíduos perigosos (Decreto-Lei nº169, 2012).

Ainda no que respeita à padronização de condições técnicas, cumpre referir que Portugal poderá vir a ser o primeiro país da Europa comunitária a dispor de licenças padronizadas em matéria de título de emissão de gases com efeito de estufa (TEGEE) e de licença ambiental de PCIP. Poderá também ser o país pioneiro ao nível da intervenção de entidades acreditadas nos domínios ambientais associados aos regimes de AIA e de PAG (Decreto-Lei nº169, 2012).

No que confere à ecoeficiência, o sistema jurídico português não apresenta nenhum documento de carácter legislativo, assim e de forma a melhor auxiliar a aplicação desta ferramenta, foi criada uma Norma Internacional, a ISO 14045:2012.

3 Caso de Estudo - Unicer

3.1 Apresentação da empresa

A Unicer apresenta-se como sendo a empresa líder do setor das bebidas em Portugal. O negócio das cervejas e das águas engarrafadas são o suporte principal da sua atividade, na qual se estende também a produção de refrigerantes e de vinhos, a produção e comercialização de malte e ainda o turismo, através da gestão das infraestruturas turísticas do Parque de Vidago, do Parque de Pedras e das termas de Melgaço e Envendos (Unicer, 2012).

As ações da empresa dividem-se pelo Grupo VIACER (BPI, Arsopi e Violas) que detém 56%, e pelo Grupo Carlsberg com 44%. A Unicer está presente de norte a sul de Portugal, através dos centros de produção de cerveja, de vinhos, de sumos e de refrigerantes, dos centros de captação e engarrafamento de água e ainda das unidades de vendas e operações (Unicer, 2012).

As principais marcas comercializadas pela Unicer (Super Bock e Água das Pedras) estão presentes nos cinco continentes. Esta possui uma forte estratégia de internacionalização, com o objetivo de consolidar a presença em todos os países, analisando novas oportunidades em mercados que sejam relevantes para a competitividade da empresa. A atual conjuntura económica nacional e o impacto da crise no poder de compra dos consumidores, com inevitável retração no consumo interno, tornaram ainda mais relevante o programa de internacionalização da empresa, por forma a dar continuidade à competitividade e sustentabilidade da Unicer (Unicer, 2012).

O presente trabalho foi desenvolvido no centro de produção de Leça do Balio, Matosinhos na qual é sediada a Unicer e onde se encontram as principais direções da empresa, como: Auditoria, Controlo de Gestão e Planeamento, Compras, Financeira, Gabinete Jurídico, Gestão de Projetos, Marketing, Logística, Pessoas e Comunicação, Produção de Cerveja, Planeamento Operacional, Qualidade, Sistemas de Informação, Vendas de Mercado Interno e finalmente Vendas de Mercado Externo (Unicer, 2012).

No primeiro semestre de 2013 houve a reestruturação dos centros de produção de Leça do Balio e de Santarém. Estas obras obrigaram a interrupções e recomeços, rearranjos e afinações que se traduziram em perturbações na gestão da eficiência dos processos produtivos da cerveja que se querem, tanto quanto possível, contínuos e estáveis. Atualmente, e devido à reestruturação referida, toda a produção de cerveja pelo grupo Unicer é realizada em Leça do Balio, podendo alguma ser enviada através de cisternas para Santarém com a finalidade de aí se proceder ao enchimento. Desta forma, o centro de produção de Leça do Balio, é estritamente responsável pelo fabrico de cerveja.

O setor de produção de cerveja onde está enquadrado o centro de produção de Leça do Balio está associado à Classificação Portuguesa das Atividades Económicas, sendo 11050 o código segundo a CAE Revisão 3 (INE, 2008).

3.2 Processo cervejeiro

A cerveja é uma bebida obtida por fermentação alcoólica, por ação de leveduras selecionadas do género *Saccharomyces*, de um mosto preparado a partir de água potável e malte de cereais, principalmente cevada, e incorporação de lúpulo ou seus derivados (Unicer, 2014a).

A produção de cerveja compreende as seguintes etapas principais (Barbosa, 2010):

- Fabrico do mosto;
- Fermentação, maturação e estabilização a frio;
- Filtração da cerveja;
- Enchimento.

Nos subcapítulos seguidamente apresentados encontram-se descritas as matérias primas e as etapas de produção de cerveja de uma forma mais detalhada.

3.2.1 Matérias primas

O fabrico de cerveja requer algumas matérias primas sendo estas: o malte de cevada, a água, o lúpulo e as leveduras (Boaventura, 2009).

O malte é uma das matérias primas fundamentais no processo de fabrico da cerveja, obtendo-se a partir da cevada após ter sido sujeita a um processo de germinação controlada (Rocha, 2008). A maltagem permite, numa fase posterior do processo produtivo da cerveja, o desdobramento dos hidratos de carbono e das substâncias azotadas pelas enzimas formadas no processo de germinação. Devido às variações das condições de maltagem (temperatura e humidade), é possível obterem-se diferentes tipos de malte que conferem diferentes cores e características aromáticas à cerveja (Unicer, 2014b). Esta matéria prima é a principal fonte de enzimas e de amido, assim como de nutrientes que favorecem o crescimento da levedura (Rocha, 2008).

Conjuntamente com o malte, podem ser adicionados outros cereais não maltados. De entre os cereais não maltados normalmente utilizados, recorre-se frequentemente ao milho, que depois de extraída a gordura, é moído e denominado griz. Alternativamente pode ser utilizada cevada, arroz ou trigo. A utilização destes cereais tem como objetivo diminuir a percentagem

de proteínas existentes no mosto. Os cereais não maltados conferem à cerveja menos cor e características específicas que dependem do tipo de cereal escolhido (Unicer, 2014b).

A qualidade da água usada no fabrico da cerveja é responsável por grande parte do sucesso desta bebida (Boaventura, 2009). A sua origem e tratamento são muito importantes para a composição final da cerveja. Esta tem que ser própria para consumo humano e tem que possuir uma composição em sais minerais adequada ao fabrico de cerveja (Rocha, 2008).

Devido à inerente complexidade e particularidade da utilização da água no processo cervejeiro, a Unicer possui diferentes formas de tratar a água que chega às suas instalações. No *subcapítulo 3.3.1* descreve-se este processo de tratamento da água, de uma forma mais pormenorizada.

O lúpulo, pertencente à espécie *Humulus lupulus*, é uma planta aromática que confere à cerveja aroma e um gosto amargo característicos. Esta matéria prima contribui para a formação de uma espuma e protege a cerveja contra contaminações microbiológicas. Atualmente, a sua utilização industrial é feita através de extratos desta planta, obtidos de forma a preservar as suas capacidades. Consoante a quantidade de resina e de óleos essenciais, os diferentes tipos de lúpulo são classificadas em termos de variedades de gosto e variedades de aroma (Unicer, 2014b).

Por fim, as leveduras do género *Saccharomyces*, são adicionadas ao mosto lupulado depois de arrefecido. Este fungo é responsável pela fermentação realizada no mosto, produzindo assim produtos secundários determinantes para as características da cerveja (álcoois aromáticos, ésteres, etc). As leveduras utilizadas desempenham um papel fundamental na definição final do tipo de cerveja (Rocha, 2008).

3.2.2 Fabrico do mosto

O processo de obtenção do mosto compreende as seguintes fases (Unicer, 2014c):

1. Ensilagem;
2. Limpeza;
3. Moagem;
4. Brassagem;
5. Filtração do mosto;
6. Ebulição;
7. Clarificação;
8. Arrefecimento do mosto.

Na *Figura 3* está representado, de uma forma esquemática, o processo de obtenção do mosto, realizado na unidade de Fabrico da Unicer. No mesmo fluxograma é possível verificar as respectivas entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) do processo.

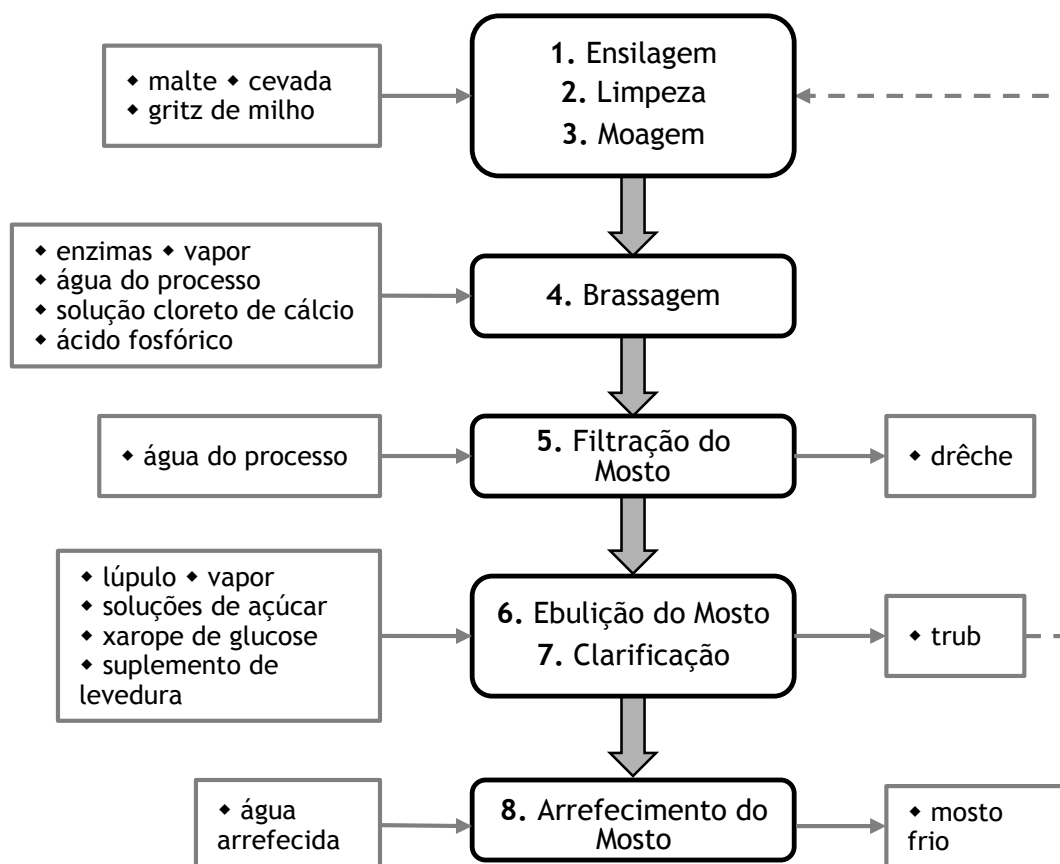


Figura 3 - Fabricação e tratamento do mosto de cerveja (adaptada de Unicer, 2014c).

As matérias primas como o malte, cevada e gritz são transportadas até à unidade industrial através de camiões de grande volume e são armazenados em silos, representados pela primeira etapa na figura anterior (Boaventura, 2009). Estas matérias primas ficam armazenadas até serem requisitadas para o processo (Rocha, 2008). Antes da moagem, o malte é limpo de impurezas e grãos estranhos na saída dos silos (etapa 2). A operação de moagem, etapa 3, consiste na divisão da fração farinhosa do malte e cevada, separando as cascas responsáveis pela porosidade da camada de drêche, tendo em vista uma boa extração na brassagem e a adequação ao sistema de filtração do mosto (Unicer, 2014c). Os outros cereais não maltados são habitualmente a provisionados com um grau de moagem adequado (Unicer, 2014b).

Após o tratamento do malte e gritz, estes estão prontos para a brassagem (etapa 4). Esta é constituída por três fases, uma fase na caldeira de caldas, uma fase na caldeira de empastagem e, por fim, uma fase na caldeira de sacarificação (Rocha, 2008).

Esta etapa inicia-se com o envio do malte moído para a caldeira de empastagem, onde é misturado com água do processo e submetido a aquecimento (até 72 °C, pois acima desta as

enzimas são inativadas). Sob a ação do calor e adicionando ácido fosfórico, as enzimas do malte libertadas são ativadas, promovendo a hidrólise catalítica do amido (Rocha, 2008).

O griz e uma pequena de malte são enviados para a caldeira de caldas onde são misturados com água, formando uma mistura pastosa. A pequena quantidade de malte tem como função fornecer ao meio as enzimas necessárias à degradação do amido. Também são adicionadas, de forma automática, pequenas quantidades de cloreto de cálcio para promover a atuação das enzimas (Rocha, 2008).

O conteúdo da caldeira de caldas é adicionado à caldeira de empastagem, adicionando-se também uma enzima, cuja utilidade é diminuir a viscosidade do mosto e consequentemente facilitar a filtração. Na caldeira de sacarificação a mistura é aquecida até aos 78 °C, repousando a esta temperatura durante 5 minutos. Nesta caldeira o amido é convertido em glicose, por ação enzimática num meio ligeiramente ácido (Rocha, 2008). A solução final obtida designa-se de mosto (Boaventura, 2009). Neste processo, as condições operatórias inerentes às variáveis tempo, temperatura e pH são utilizadas de forma a obter-se um mosto de composição adequada ao tipo de cerveja a produzir (The Brewers of Europe, 2012). De uma maneira mais simplista, estas condições promovem o desdobramento das moléculas complexas de amido e proteínas noutras mais simples, através das enzimas formadas durante a produção do malte. A brassagem dura 2 a 4 horas e termina a uma temperatura próxima de 75 °C (Unicer, 2014b). Por forma a recuperar o mosto do fabrico anterior, o precipitado (trub) que foi separado no decantador (etapa clarificação) pode ser reintroduzido nas caldeiras (Unicer, 2014c).

Depois do processo de brassagem segue-se a filtração do mosto (etapa 5), em que toda a matéria solúvel que foi extraída do malte e griz é separada da parte insolúvel, designada por drêche, constituída por cascas, proteínas e lípidos (Boaventura, 2009). A drêche é um subproduto com interesse por se tratar de um excelente alimento para o gado (Unicer, 2014b). Após a filtração no filtro prensa, o mosto denso segue para o tanque tampão onde é armazenado e pré-aquecido, para que quando o mosto chega à caldeira de ebulição, não ocorra um choque térmico provocando o fenómeno de efervescência (Rocha, 2008).

A fase seguinte é a ebulição do mosto, etapa 6 de acordo com a *Figura 3*. Nesta fase ocorre a esterilização do mosto, a destruição de enzimas, a solubilização e isomerização dos princípios ativos do lúpulo, a coagulação de proteínas, a concentração do mosto e a eliminação de substâncias voláteis indesejáveis. Este processo é condicionado pela sua duração, pH, temperatura, taxa de evaporação e intensidade da ebulição (Unicer, 2014c). Neste processo é adicionado o lúpulo e o cloreto de zinco, que serve de nutriente para as leveduras (Rocha, 2008). Esta etapa tem uma duração aproximada duas horas e atinge uma temperatura de cerca de 104 °C (The Brewers of Europe, 2012; Rocha, 2008). Na fase de ebulição, de acordo com a receita da cerveja, podem ser também adicionados açúcares sob a forma de xarope de glucose.

Se necessário, são ainda adicionados materiais corretores de pH, em conformidade com os requisitos (Unicer, 2014c).

Após a ebulição, é necessária a separação do precipitado proteico e dos componentes do lúpulo não solubilizados (trub) do mosto quente (etapa 7) (Unicer, 2014b). Após a remoção, o trub poderá sofrer um processo de reprocessamento na sala de fabrico (Unicer, 2014c).

Por fim, e antes do mosto, já lupulado, dar entrada nas cubas de fermentação é arrefecido, etapa 8 da *Figura 3*, até uma temperatura de cerca de 9 °C e arejado em condições estéreis (Unicer, 2014b). Salienta-se que esta etapa, apesar de pertencer ao processo de tratamento do mosto, ocorre na área das Adegas (Boaventura, 2009).

3.2.3 Fermentação, maturação e estabilização a frio

Na *Figura 4* estão apresentadas as entradas e saídas que fazem parte do processo de fermentação, maturação e estabilização a frio da cerveja, que ocorre na área das Adegas da Unicer.

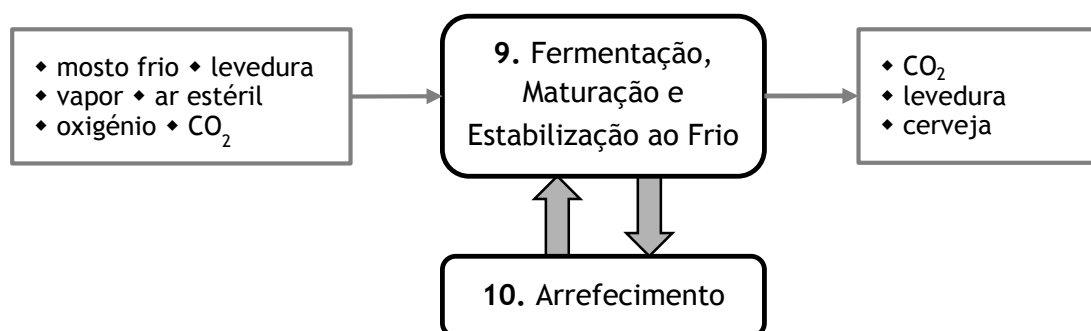


Figura 4 - Fermentação, maturação e estabilização da cerveja (adaptada de Unicer, 2014c).

Findado o fabrico do mosto, e após este ser arrefecido e arejado, de modo a que as leveduras se desenvolvam e reproduzam, procede-se à etapa de fermentação. Garantido o arrefecimento e o arejamento necessário para o desenvolvimento das leveduras, estas são inoculadas no mosto, aquando da transferência do mosto frio para as cilindro-cónicas (etapa 9) (Barbosa, 2010).

O processo fermentativo, conduzido a temperaturas controladas, transforma os açúcares fermentáveis do mosto frio em etanol e dióxido de carbono, por ação da levedura. Durante a fermentação, a população levuriana multiplica-se duas a três vezes (Unicer, 2014c). Por ação da gravidade, as leveduras acabam por se depositar no fundo do tanque, sendo posteriormente recolhidas (Barbosa, 2010). O dióxido de carbono produzido durante a fermentação é recuperado quando atinge o grau de pureza especificado para a instalação de recuperação de CO₂ (Unicer, 2014c).

A fase seguinte, designada por maturação, consiste no armazenamento da cerveja fermentada a baixas temperaturas, com a finalidade de libertar os componentes voláteis indesejáveis (Barbosa, 2010). Este processo corresponde, essencialmente, à redução do diacetilo, aldeído acético, sulfureto de hidrogénio e outros compostos por via química, biológica e física (por arrastamento do CO₂) (Unicer, 2014c).

Após a maturação, torna-se necessária a estabilização da cerveja, a temperaturas entre -2 °C e 0 °C, processo cuja duração varia de acordo com o tipo de cerveja (Barbosa, 2010). A estabilização ao frio favorece a formação de complexos de proteínas e polifenóis, sendo que o processo pode ser conduzido no mesmo equipamento em que se realizou a maturação ou por um permutador externo (Rocha, 2008; Unicer, 2014c).

3.2.4 Filtração da cerveja

O processo de filtração de cerveja, que ocorre na área das Adeas, está dividido nas seguintes etapas (Unicer, 2014c):

11. Centrifugação;
12. Arrefecimento;
13. Filtração com kieselguhr;
14. Estabilização com polivinilpolipirrolidona (PVPP);
15. Filtração Trap;
16. Carbonatação e acerto do extrato;
17. Armazenamento em Tanque de Cerveja Filtrada (TCF).

Na *Figura 5* está representado o processo de filtração de cerveja, onde são apresentadas as entradas e saídas de cada etapa do processo.

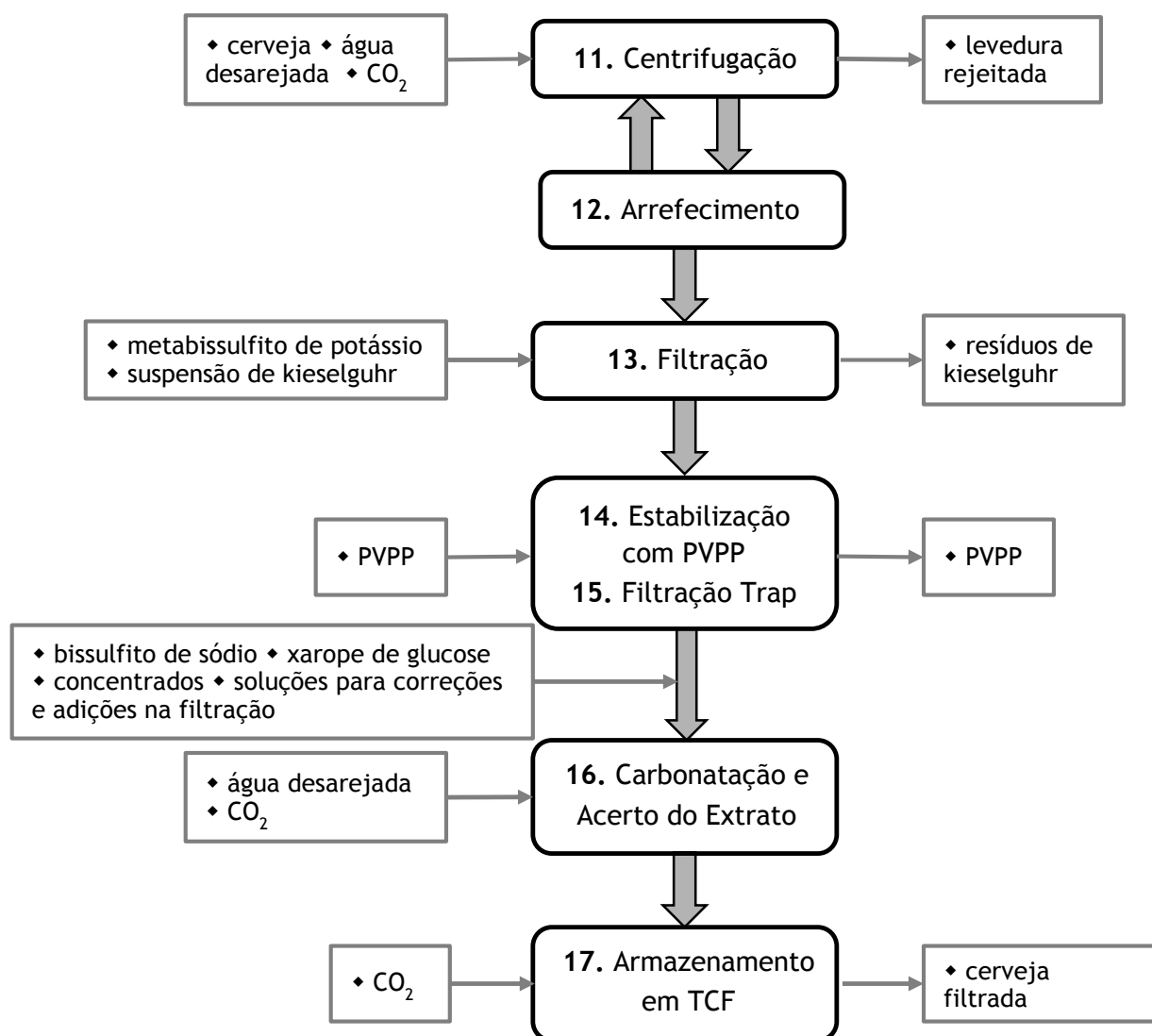


Figura 5 - Filtração da cerveja (adaptada de Unicer, 2014c).

Durante o processo de estabilização, a levedura continua a separar-se do meio, podendo ser separada por centrifugação, etapa 11 da *Figura 5*. Nesta etapa da centrifugação, as leveduras são retidas, quase na totalidade (Unicer, 2014c).

De forma a manter a temperatura de estabilização a frio, a cerveja passa por um permutador que promove a formação de compostos que causam turvação (Barbosa, 2010). Este arrefecimento tem como objetivo arrefecer a cerveja à temperatura convencionada para este produto dar entrada na linha filtração (etapa 12) (Unicer, 2014c).

A eliminação dos complexos de proteínas e polifenóis, responsáveis pela turvação da cerveja, é realizada pela passagem desta por um filtro de Kieselguhr (Barbosa, 2010; Unicer, 2014c). Este processo de filtração, etapa 13, assegura um aspeto brilhante e a estabilidade coloidal da cerveja durante a fase de armazenagem posterior ao enchimento (Unicer, 2014c). Para estabilizar a cerveja durante o armazenamento, esta passa por um filtro de polivenilpolipirrolidona (PVPP) evitando dessa forma a turvação a longo prazo, retirando os

polifenóis por adsorção (etapa 14) (Barbosa, 2010). Estas etapas devem ser realizadas a baixas temperaturas, para não haver redissolução das substâncias coloidais (Rocha, 2008).

Antes da última filtração, são adicionados aditivos como corantes, açúcares e agentes estabilizantes, para o acerto do produto que se quer obter (Barbosa, 2010). A filtração Trap, etapa 15, tem como objetivo reter os resíduos de PVPP e outras impurezas em suspensão que possam ainda estar presentes (Unicer, 2014c).

Segue-se o passo de carbonatação com CO₂ e acerto do extrato (diluição) com água desarejada, sendo este processo controlado de forma automática (etapa 16) (Unicer, 2014c). Por fim a cerveja filtrada é enviada para tanques cerveja filtrada (TCF) onde fica armazenada até ao seu envio para processos de enchimento (etapa 17) (Rocha, 2008).

3.2.5 Enchimento

A etapa final da produção de cerveja é o enchimento. A cerveja pode ser acondicionada em diferentes embalagens (garrafa, barril) ou quando o volume requerido pelos consumidores é em grande escala, por exemplo eventos, é feita em *BierDrive* (Unicer, 2014b).

Qualquer que seja o acondicionamento da cerveja, é necessário proceder à estabilização biológica da cerveja antes ou após o enchimento. Esta operação pode ser efetuada a frio (filtração esterilizante) ou a quente (pasteurização). Por sua vez, a pasteurização pode ser praticada imediatamente antes (pasteurização *flash*) ou após a bebida ser introduzida na sua embalagem (pasteurização túnel) (Unicer, 2014b). Na Unicer são utilizados estes dois tipos de pasteurização, sendo aplicado nas linhas de enchimento de garrafas a pasteurização túnel e no enchimento de barris a pasteurização *flash* (Unicer, 2014c).

O centro de produção da Unicer de Leça do Balio possui atualmente quatro linhas de enchimento de garrafas, que, segundo a nomenclatura da empresa, correspondem às linhas 2, 3, 5 e 6, e duas linhas de enchimento de barris. Estas linhas podem ser classificadas de acordo com o seu tipo de enchimento. Desta forma, podem ser divididas em linhas dedicadas e linhas mistas (Barbosa, 2010).

As linhas dedicadas são aquelas que possuem equipamentos para encher só um tipo de vasilhame, ou seja, podem encher apenas embalagens de tara perdida (TP) ou apenas embalagens de tara retornável (TR). A Unicer possui assim quatro linhas dedicadas, sendo estas a linha 2, a linha 6, a linha de barril de tara retornável e a linha de barril de tara perdida (ACE). A linha 2 e a linha 6 são dedicadas a encher garrafas de tara perdida (TP), diferenciando-se entre si pela versatilidade em encher volumes diferentes de garrafas. Salienta-se que a linha 6 é a linha mais versátil pois enche todos os tipos de volume de garrafas, ou seja, enche garrafas

de 20 cl, 25 cl, 33 cl, 0,5 l e 1 l que por sua vez têm geometrias diferentes conforme a marca da cerveja (Super Bock, Cristal, Carlsberg, etc).

As linhas mistas, por outro lado, estão equipadas para proceder ao enchimento tanto de garrafas TP como de garrafas TR, por possuir os equipamentos necessários ao enchimento destes dois tipos de vasilhame. A linha 5 e a linha 3 são as linhas de enchimento de garrafas que possuem esta capacidade. É de salientar que, apesar da linha 3 ser capaz de encher tanto garrafas TP como TR, esta está atualmente dedicada a encher garrafas TR.

De seguida, é efetuada uma descrição mais pormenorizada das diferentes linhas de enchimento.

3.2.5.1 Enchimento de cerveja em garrafas TR

O processo de enchimento de garrafas de tara retornável pode ser esquematizado de acordo com a *Figura 6*.

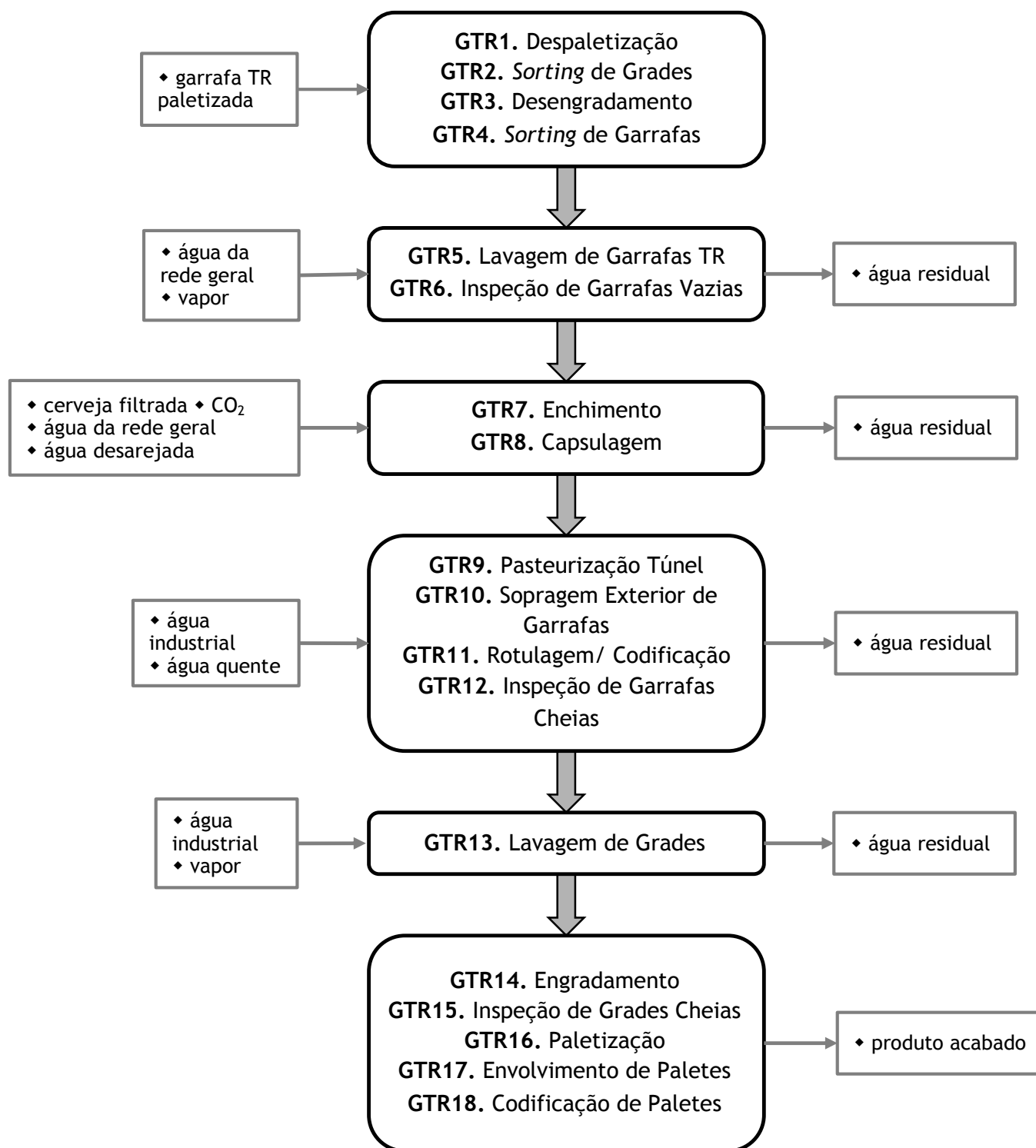


Figura 6 - Fluxograma do modo de enchimento de cerveja em garrafas TR - Linha de enchimento 3 (adaptada de Unicer, 2014c).

O fluxograma anteriormente mencionado pertence à linha de enchimento 3. Este pode diferir ligeiramente da sequência de etapas da linha 5, uma vez que os equipamentos são distribuídos pelo edifício por questões de lógica funcional e logística de espaço.

O processo de enchimento de garrafas TR inicia-se pela despaletização mecânica (GTR1) do vasilhame TR. Seguidamente, as grades com vasilhame são escolhidas (*sorting*) de acordo com a sua cor e/ou altura de modo a apenas seguirem as grades corretas para a lavadora (GTR2). Ao mesmo tempo, o operador inspeciona visualmente as garrafas, de modo a selecionar apenas aquelas que correspondem ao formato pretendido. Desta forma, o vasilhame TR é desengradado mecanicamente (GTR3), seguindo as grades vazias para a lavadora de grades e o vasilhame para a lavadora de garrafas (Unicer, 2014c).

Antes das garrafas darem entrada nas lavadoras, há um novo *sorting* (GTR4) de maneira a serem admitidos apenas os vasilhames com as características pretendidas (altura/formato). Também existe uma inspeção visual por parte do operador, de modo a detetar e eliminar garrafas partidas, cápsulas em garrafas e todas as garrafas estranhas ao enchimento (Unicer, 2014c).

A lavagem de garrafas TR (GTR5) tem como objetivo garantir a remoção de impurezas físicas, químicas e biológicas (Unicer, 2014c). Na lavadora as garrafas são higienizadas com soluções alcalinas, a quente, de modo a eliminar restos de bebida, partículas, rótulos, poeiras ou sujidade, sendo por fim enxaguadas com água (Barbosa, 2010).

De seguida, as garrafas passam por inspetores eletrónicos de garrafas vazias que detetam objetos estranhos, líquido residual ou defeitos de vasilhame (GTR6). As garrafas rejeitadas pelo inspetor, dependendo do defeito detetado, podem ser eliminadas ou lavadas de novo (Unicer, 2014c).

Após esta fase de seleção de garrafas, estas seguem para a máquina de enchimento. Nesta etapa é efetuado o enchimento e capsulagem de cerveja em garrafa, respeitando a condicionante tecnológica, de garantia da qualidade do produto e de segurança dos consumidores (GTR7 e GTR8). A água para espumagem da fase de enchimento é aquecida com uma resistência elétrica para reduzir o oxigénio da água, o objetivo desta espumagem é retirar o oxigénio do *head space* (espaço vazio) da garrafa antes da capsulagem. Após a capsulagem existe uma inspeção do nível da altura do enchimento e presença/ausência de cápsula (Unicer, 2014c).

Segue-se a pasteurização em túnel (GTR9), que é a fase do ciclo de enchimento que tem como função garantir a estabilidade biológica da cerveja engarrafada. A eficácia da pasteurização depende não só da extensão da temperatura aplicada como também no tempo durante o qual esta é aplicada. No pasteurizador em túnel, a temperatura da garrafa e do seu conteúdo é gradualmente aumentada por um jato de água, até que a temperatura de pasteurização desejada seja alcançada e mantida por um determinado período de tempo. Durante o percurso das garrafas no túnel, a temperatura desce de forma gradual até à temperatura ambiente (Barbosa, 2010).

Antes da rotulagem e codificação, as garrafas sofrem uma sopragem exterior (GTR10) de modo a secarem. A rotulagem identifica o produto, de acordo com os requisitos definidos para o efeito, nomeadamente no que respeita à informação ao consumidor e imagem do produto (GTR11) (Unicer, 2014c).

Depois da rotulagem e codificação, as garrafas são submetidas a inspeção (GTR12). Na inspeção de garrafas cheias é controlado o volume especificado de cerveja na garrafa (nível), bem como a existência de rótulo/gargantilha e cápsula (Unicer, 2014c).

Antes do engradamento, as grades utilizadas são lavadas com água quente e solução alcalina (GTR13). Após o engradamento (GTR14), é efetuada a verificação da presença de todas as garrafas bem como a utilização da grade correta pela análise da altura das grades (GTR15). Por fim, é realizada a paletização (GTR16), o envolvimento de paletes com filme estirável (GTR17) e etiquetagem (GTR18) de forma a garantir a identificação e rastreabilidade do produto (Unicer, 2014c).

3.2.5.2 Enchimento de cerveja em garrafas TP

O processo de enchimento de garrafas de tara perdida pode ser apresentado como indicado na *Figura 7*.

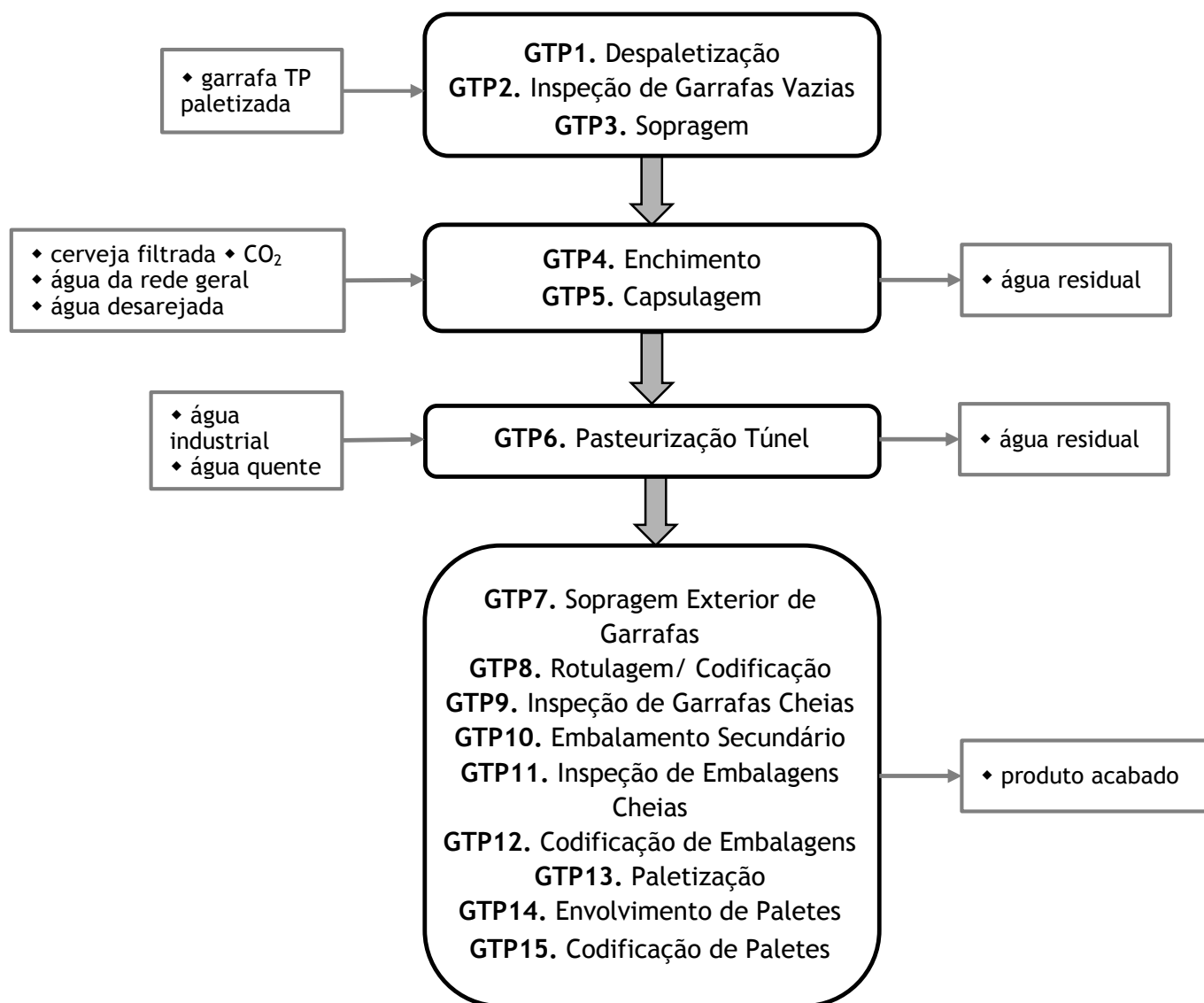


Figura 7 - Fluxograma do modo de enchimento de cerveja em garrafas TP - Linha de enchimento 2 (adaptada de Unicer, 2014c).

A representação esquemática apresentada na *Figura 7* pertence à linha de enchimento 2. Como se pode verificar no processo representado na figura anterior, este apenas difere do enchimento de cerveja em garrafas TR, na medida em que não existe a fase de lavagem de garrafas. Em contrapartida é feita numa sopragem interior às garrafas (GTP3) por ar comprimido tratado.

3.2.5.3 Enchimento de cerveja em barris TR

Na *Figura 8* está esquematizado o procedimento de enchimento em barris de tara perdida (30 l e 50 l).

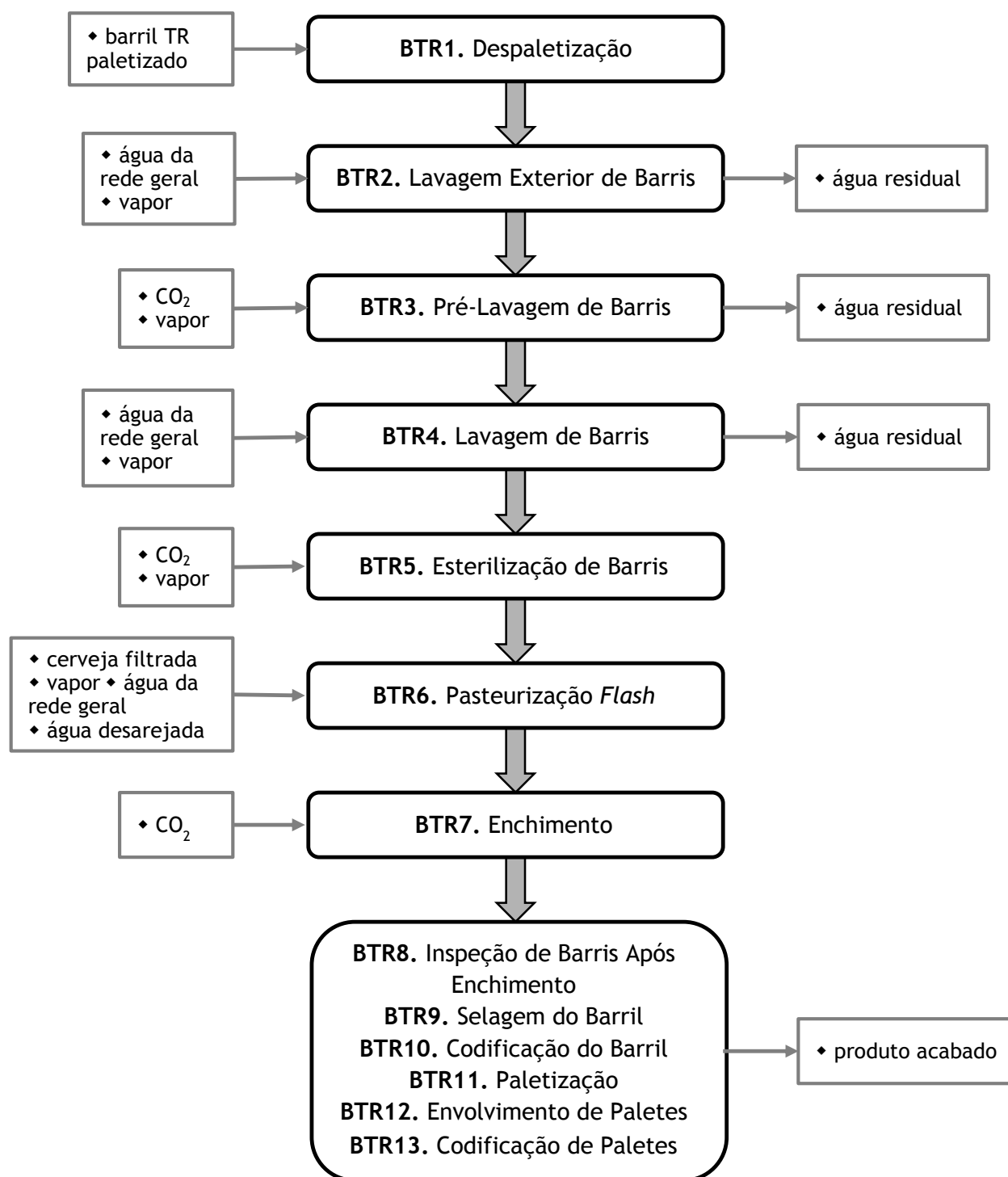


Figura 8 - Fluxograma do modo de enchimento de cerveja em barril TR (adaptada de Unicer, 2014c).

Tal como o processo de enchimento de garrafas, o procedimento de enchimento de barris também começa por uma despaletização mecânica (BTR1). De seguida, é lavado o exterior dos barris, de modo a eliminar poeiras e sujidade (BTR2). Para tal, são adicionadas à água inibidores de corrosão e incrustações. Também é feita uma pré-lavagem do barril (BTR3) com o propósito de remover impurezas físicas, químicas e biológicas do interior destes. O contacto cáustico durante tempo prolongado, permite uma remoção em maior quantidade da matéria orgânica, antes de passagem nos módulos de lavagem (Unicer, 2014c).

Posteriormente, o barril é lavado com uma solução de soda, enxaguado com água à qual são adicionados inibidores de corrosão e incrustações (BTR4). Esta lavagem destina-se a remover impurezas físicas, químicas e biológicas do interior do barril. De seguida o barril é esterilizado com vapor e cheio com CO₂ (BTR5) (Unicer, 2014c).

A próxima etapa é a pasteurização *flash* (BTR6). Como referido anteriormente, esta é feita antes do enchimento ao contrário da pasteurização em túnel, contudo têm a mesma finalidade (Unicer, 2014c).

Após o enchimento dos barris (BTR7), o passo seguinte é a sua inspeção. Os barris são inspecionados por raios gama para verificar o nível de cerveja (BTR8). Se o nível não estiver conforme o estabelecido, o barril é rejeitado. Esta inspeção é efetuada logo a seguir ao enchimento e antecede a inspeção de nível por peso. Na inspeção de nível por peso, os barris são pesados através de uma balança em linha. Os barris cujo peso seja inferior ao especificado são rejeitados automaticamente. Também é realizada uma inspeção de microfugas na vareta do barril. Esta é feita através de uma câmara que analisa a superfície da vareta e verifica se existem fugas de cerveja (Unicer, 2014c).

Por fim, o barril é selado (BTR9) e sofre as mesmas etapas de codificação e paletização que as garrafas (Unicer, 2014c).

3.2.5.4 Enchimento de cerveja em barris TP

Os barris de tara perdida (ACE), diferem essencialmente dos barris TR pelo seu menor volume de acondicionamento (5 l e 20 l) e pelo material que o constitui.

Na *Figura 9* está esquematizado o procedimento de enchimento em barris de tara perdida.

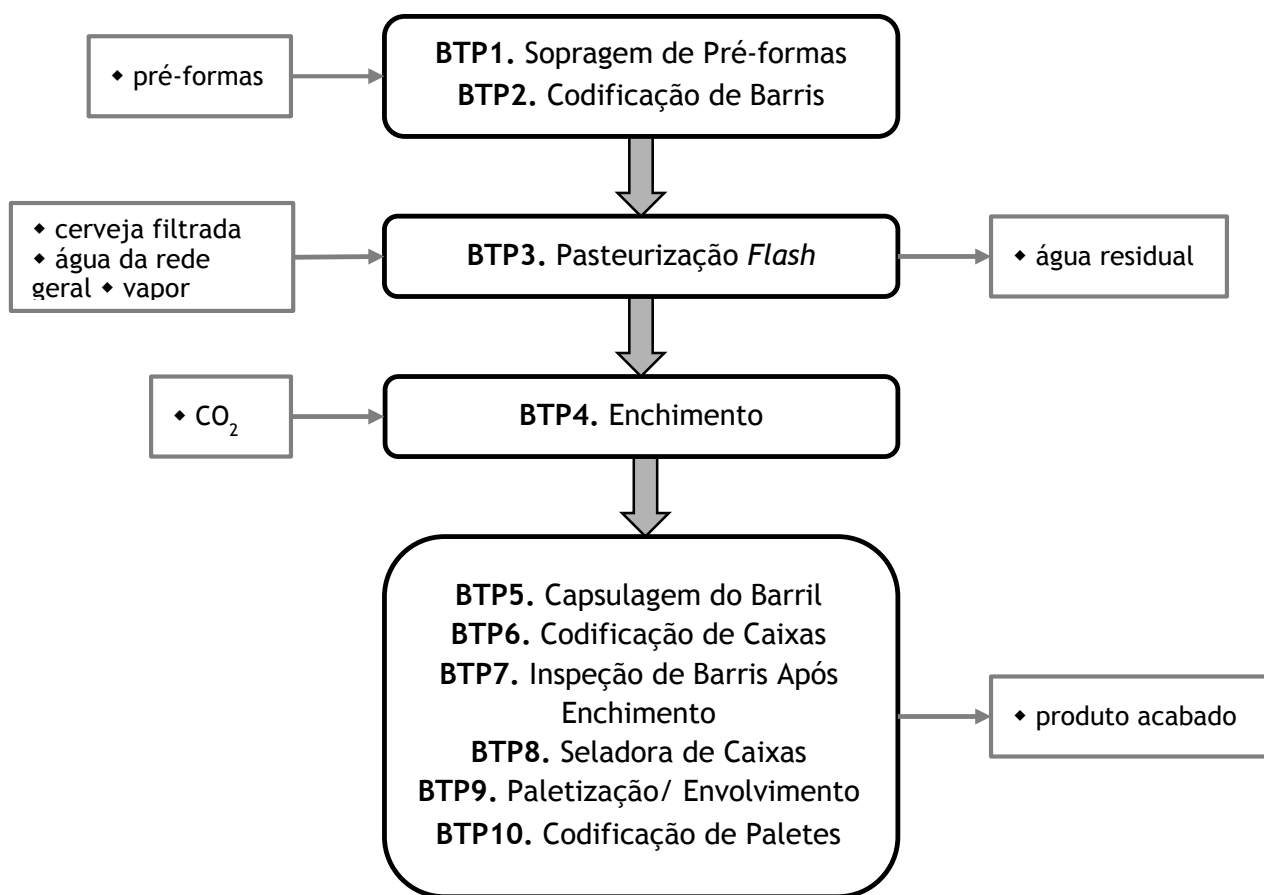


Figura 9 - Fluxograma do modo de enchimento de cerveja em barril TP (adaptada de Unicer, 2014c).

Primeiramente, dá-se a sopragem por ar comprimido filtrado das pré-formas (BTP1) que dão o suporte de acondicionamento à cerveja, sendo posteriormente codificado (BTP2) (Unicer, 2014c).

Tal como no enchimento de barris TR, a pasteurização *flash* (BTP3) é feita antes do enchimento. As etapas seguintes do enchimento de barris TP são análogas às já anteriormente referidas (Unicer, 2014c).

3.3 Processos auxiliares

O fabrico de cerveja requer um conjunto de sistemas auxiliares que permitem o fornecimento dos recursos inerentes ao processo cervejeiro, bem como a manutenção da sua qualidade. De entre estes processos auxiliares, destacam-se o tratamento da água utilizada no fabrico de cerveja, a produção e recuperação de vapor e o procedimento de higienização dos equipamentos do processo produtivo.

3.3.1 Tratamento da água

Toda a água utilizada nas instalações da Unicer é tratada na Estação de Tratamento de Água (ETA). Como verificado anteriormente, são utilizados no processo cervejeiro diversos tipos de água. A empresa classifica a água de acordo com a sua proveniência e finalidade. Assim esta pode ser apresentada como água do processo, água do processo arrefecida, água desarejada, água da rede geral, água industrial e água desmineralizada.

3.3.1.1 Água do processo

Entende-se por água do processo, a água que após a sua captação é decantada e arejada com o propósito de oxidar o ferro e o manganês. Posteriormente esta é armazenada em cisternas circulares e enviada para um tanque de ozonização.

De seguida, é realizada a fase do contacto onde é promovida a recirculação de água para homogeneizar a água ozonizada, a qual é posteriormente armazenada em tanques. Antes da finalização do tratamento da água do processo completamente finalizada, esta sofre uma filtração de areia para reter o ferro e manganês e uma filtração por carvão ativado para retenção dos compostos aromáticos.

Posteriormente a água do processo sofre uma cloragem através da sua recirculação, sendo simultaneamente analisado o teor em cloro e injeção de cloro em linha, para proteção da água armazenada. Após a filtração por carvão ativado, para retenção do cloro adicionado anteriormente, obtém-se a água do processo completamente finalizada.

3.3.1.2 Água do processo arrefecida

A água do processo arrefecida é exatamente igual à água do processo. Isto é, esta água resulta da passagem da “água do processo” por um permutador de amoníaco, sendo desta forma arrefecida. Esta água é utilizada no arrefecimento do mosto.

3.3.1.3 Água desarejada

A água desarejada tem em comum com a água do processo várias etapas de tratamento, sendo as suas primeiras exatamente iguais. A água do processo quando sofre a cloragem passa pelo filtro de carvão para retenção do cloro adicionado. Se objetivo for obter água desarejada, esta é submetida a uma descalcificação, entre as duas etapas anteriormente referidas, de forma a reduzir a dureza da água.

Segue-se a osmose inversa para retenção dos sais, reduzindo assim a condutividade para valores residuais. Posteriormente a água é armazenada e protegida através de injeção de cloro em linha. Antes da água passar para os filtros polidores, é removido o cloro injetado anteriormente nos filtros de carvão ativado. Nos filtros polidores são retidas as partículas através de filtros de 40 µm.

A água desarejada, que é utilizada nas Adegas e Enchimento, para se tornar adequada para utilização sofre desarejamento através de CO₂ em contracorrente e finalmente arrefecimento com permuta de amoníaco direto.

3.3.1.4 Água da rede geral

A água da rede geral é proveniente dos sistemas municipalizados, e de aproveitamentos de água dos rejeitados da osmose inversa. Esta é armazenada em cisternas e posteriormente tratada através da cloragem, sendo desta forma passível de ser utilizada na unidade fabril.

3.3.1.5 Água industrial

A água industrial pode provir de efluentes tratados da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) da Unicer. Estes sofrem uma filtração através de areia para retenção dos sólidos suspensos totais (SST's), havendo desta forma uma grande remoção na turvação da água.

As águas pluviais e os rejeitados da osmose poderão também ser aproveitados, e juntamente com o efluente da ETAR, sendo armazenados em cisterna e posteriormente tratados por ozonização.

De seguida, é realizada a fase de contacto onde se promove a recirculação de água para homogeneizar a água ozonizada.

Após a ozonização há uma injeção de cloreto de ferro (coagulante) para formar flóculos, alimentando os filtros multimédia que efetuam a primeira linha de filtração.

A água mantém-se armazenada até passar pela unidade de ultrafiltração, que realiza a segunda filtração dos flóculos. Nesta etapa as retrolavagens químicas utilizam ácido clorídrico e hipoclorito de sódio.

Após a ultrafiltração, é corrigido o pH da água através da injeção em linha de ácido clorídrico e também descarbonatação para remoção de CO₂ presente na água sob a forma de carbonatos e posterior armazenamento.

De seguida, há a filtração por carvão para remoção do cloro, e osmose inversa para retenção dos sais. Desta etapa, a água é armazenada numa cisterna e sai completamente finalizada para poder ser utilizada em lavagens de vasilhame.

3.3.1.6 Água desmineralizada

A água desmineralizada é utilizada para produção de vapor que é incorporado no processo de fabrico da cerveja. Depois da etapa de descalcificação da água desarejada, esta sofre uma série de etapas para se tornar adequada para ser utilizada nas centrais de vapor. Sendo assim, esta sofre uma filtração de carvão para remover o cloro e uma osmose inversa com filtros de 10 µm e 40 µm.

Após esta intervenção, a água é armazenada e é corrigido o seu pH através de recirculação de água, sendo simultaneamente analisado o valor de pH e injetado hidróxido de sódio em linha. Desta etapa, sai a água desmineralizada, pronta para ser utilizada para a produção de vapor.

3.3.2 Clean in Place

A produção de cerveja é um processo que exige um elevado grau de higienização de forma a evitar problemas de contaminações que possam afetar a qualidade do produto (Ferraz, 2009).

O *Clean in Place* (CIP) é um processo de higienização que se baseia na circulação de soluções de limpeza ou de desinfecção em circuito fechado através de máquinas ou outros equipamentos (Barbosa, 2010).

Estes programas de desinfecção apresentam vantagens como um maior controlo no consumo de produtos de limpeza e uma redução dos tempos de operação. No entanto, é necessária uma adequada programação dos CIP para cada equipamento tendo em conta o tipo de sujidade que apresenta e o tipo de equipamento (Ferraz, 2009).

Os tipos de limpeza são classificados em limpeza alcalina e limpeza ácida. Na limpeza alcalina, como o sugere o nome, são utilizados agentes de limpeza alcalinos, onde se destaca a soda cáustica, o amoníaco e o hipoclorito de sódio. Este tipo de limpeza deve ser utilizado para a desinfecção de resíduos orgânicos, tais como gorduras ou proteínas. O produto mais utilizado na indústria cervejeira, tanto pela sua eficácia como pelo seu baixo custo é a soda cáustica. No que respeita à limpeza ácida, esta é efetuada com reagentes ácidos, sendo o ácido cítrico, o ácido acético, o ácido fosfórico, o ácido sulfúrico e o ácido fórmico, os reagentes mais utilizados (Ferraz, 2009).

O processo de limpeza e desinfecção inicia-se por um enxaguamento inicial, com a finalidade de remover os resíduos grosseiros. Posteriormente segue-se a etapa de limpeza (alcalina, ácida ou ambas), com o intuito de remover a totalidade da sujidade aderente à superfície. Para uma boa eficácia da limpeza é necessário um tempo de contacto adequado, bem como uma temperatura, composição da solução de limpeza e ação mecânica sobre a sujidade apropriado.

O ciclo de limpeza termina com um enxaguamento, com o objetivo de remover os resíduos do produto de limpeza e a sujidade. Removida toda a sujidade, é realizada uma desinfecção, para assegurar a destruição dos microrganismos presentes de forma a evitar qualquer tipo de contaminação. Para finalizar, é efetuado um novo enxaguamento para remover resíduos do desinfetante (Ferraz, 2009).

3.3.3 Produção e recuperação de vapor

Numa empresa cervejeira durante os aquecimentos ocorridos durante o processo, faz-se uma transferência de calor para os diversos componentes utilizados no fabrico da cerveja e destes para o exterior (Brás, 1998).

O vapor utilizado no processo cervejeiro da empresa é produzido em caldeiras ou então no motor de cogeração. Estes equipamentos têm a função de transferir o calor produzido pela queima do combustível utilizado para a água desmineralizada, completamente desprovida de oxigénio, pois este é o principal promotor de corrosão dos geradores de vapor. Os combustíveis utilizados pela empresa para a produção de vapor são o gás natural, o fuelóleo e o biogás. Salienta-se que o biogás, utilizado nas instalações da Unicer, é proveniente do processo de tratamento das águas residuais realizado na ETAR da empresa.

A água desmineralizada utilizada para a produção de vapor, não se perde no processo de fabrico da cerveja, pois a utilização de vapor ao longo deste processo é meramente para transferência de energia térmica.

A Unicer detém vários sistemas de recuperação de condensados na maioria das etapas do processo de fabricação de cerveja. Esta tecnologia permite que após a permuta térmica entre o vapor e o meio, o condensado que constitui uma água de boa qualidade, previamente tratada, possa ser reaproveitada na alimentação da caldeira e assim economizar a água de reposição e respetivo tratamento. Também possui a vantagem de aproveitar a água a uma temperatura elevada e assim diminuir a necessidade de gasto de combustíveis para o aquecimento desta (Brás, 1998).

4 Metodologias de Avaliação da Ecoeficiência

Para atingir os objetivos deste estudo, avaliação da ecoeficiência da Unicer, foram aplicadas duas metodologias. Uma destas foi baseada na metodologia adotada e recomendada pelo WBCSD para este tipo de análise. Contudo esta metodologia já não é a mais atual, uma vez que surgiu em 2012 uma Norma Internacional (ISO 14045) standardizada que permite a avaliação da ecoeficiência. Foi igualmente utilizada a metodologia presente na ISO 14045 aplicada no âmbito do projeto EcoWater. Este projeto de pesquisa é apoiado pela União Europeia no âmbito do 7º Programa Quadro e tem como objetivo desenvolver indicadores de ecoeficiência para a avaliação tecnológica, onde participam cerca de dez institutos e universidades por toda a Europa, nomeadamente a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (EcoWater, 2014).

Os dois referidos métodos apresentam etapas similares, tal como a seleção da unidade funcional, a definição das fronteiras do sistema e a análise do inventário. Contudo, apesar do objetivo comum de avaliar a ecoeficiência, estas duas metodologias podem apresentar formas alternativas de avaliar o valor do produto e calcular a influência ambiental. A quantificação da ecoeficiência para as duas metodologias, pode ser calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$Ecoeficiência = \frac{\text{Valor do produto ou serviço}}{\text{Influência ambiental}} \quad (1)$$

4.1 Unidade funcional

A unidade funcional (UF) permite quantificar o desempenho de um sistema de produto, utilizando-a como unidade de referência. Assim, e tendo em conta todo o processo produtivo da empresa, a unidade funcional, ou por outras palavras, a unidade de produto considerada foi o hectolitro (hl) de cerveja completamente finalizada (final do processo cervejeiro).

4.2 Fronteiras do sistema

O presente estudo refere-se ao processo de fabrico de cerveja que decorre no Centro de Produção da Unicer em Leça do Balio, tendo sido considerado um sistema *gate-to-gate* (desde a entrada até à saída do processo de fabrico).

Consequentemente, não foram consideradas as fases de extração e transporte das matérias primas e subsidiárias, bem como as fases de vida do produto fora das instalações da Unicer.

Foram considerados como parte integrante do sistema todas as etapas subjacentes ao funcionamento da fábrica descritos no *capítulo 3*. Neste sentido, a fronteira principal do sistema é definida pelas seguintes áreas:

- Fabrico;
- Adegas;
- Enchimento;
- Estação de tratamento de água (ETA);
- Central de Produção de Vapor;
- Estação de tratamento de água residual (ETAR).

Na *Figura 10* é apresentado um esquema com as fronteiras do sistema seleccionadas, bem como outras áreas pertencentes às instalações da Unicer de Leça do Balio.



Figura 10 - Fronteiras do sistema selecionadas (a verde).

Apesar de se considerar a ETAR como uma área pertencente às fronteiras do sistema, não serão contabilizados os consumos por parte desta área. Apenas foi incluído este setor, devido às limitações inerentes na obtenção de informação que diz respeito às emissões líquidas de cada área do processo produtivo de cerveja. Uma vez que não existem informações sobre este tema

nas áreas com intervenção direta no fabrico de cerveja, foram utilizadas as informações (análises) efetuadas na ETAR para colmatar este facto.

Foram considerados fora das fronteiras do processo, o encaminhamento de produto para outras unidades fabris, como é o caso de transporte em camiões cisterna para as instalações da Unicer em Santarém, local onde é efetuado o enchimento de cerveja em lata e garrafas de vidro, e o abastecimento de consumidores de grande escala através do *BierDrive*.

O processo de produção das cervejas de edições especiais e com características mais arrojadas das ditas “clássicas”, foi excluído das fronteiras do sistema. A sua produção é efetuada na Mini-Fábrica e na Instalação Piloto. Estas instalações incorporam linhas de produção completamente autónomas, que produzem menores volumes de cerveja, traduzindo-se assim em níveis de eficiência díspares, quando comparadas com a principal linha de produção de cerveja.

Também, não foram consideradas pertencentes às fronteiras do sistema as áreas das instalações da Unicer que não estão diretamente relacionadas com a produção de cerveja. Entre estas áreas, encontram-se as instalações administrativas, o refeitório e o armazém automático que ainda se encontra na fase de construção.

4.3 Análise de inventário

Atendendo às fronteiras do sistema acima referidas, foram inventariados os *inputs* e os *outputs* do sistema.

Dentro dos *inputs* para o processo cervejeiro, encontram-se: a água do processo, a água desarejada, a água da rede geral, a água industrial e a água desmineralizada, a energia elétrica, a energia térmica (vapor e água quente), o fuelóleo, o gás natural, o biogás e o dióxido de carbono (CO₂). Também pertencem a esta categoria as matérias primas e subsidiárias como o malte, a cevada, o griz de milho, as enzimas, o cloreto de cálcio, o ácido fosfórico, o lúpulo, o suplemento de levedura, o xarope de glucose, o açúcar amarelo, o metabissulfito de potássio, o kieselguhr, o PVPP, o bissulfito de sódio, os concentrados e compostos para correções e adições na filtração.

Os valores quantitativos de cada um dos *inputs* do sistema foram obtidos através de relatórios de exploração da empresa, os quais foram providos pelos colaboradores da Unicer, que forneceram também informações relevantes relativamente ao processo de produção de cerveja.

Com essas informações, foi realizado o tratamento de dados em folha de cálculo, de modo a traçar estimativas de forma a relacionar os *inputs* com as etapas de fabrico no qual intervêm.

A título de exemplo, a comunicação direta com os colaboradores da empresa, aproveitando o *know-how* que estes possuem, permitiu saber que a principal fonte de informação para quantificar os gastos de água são os contadores instalados na Unicer. Todos esses consumos são monitorizados diariamente de modo a diminuir ao máximo os desperdícios. Por sua vez, toda esta informação é inserida no *software* de gestão da empresa. De forma complementar, foi possível saber ainda que não existem contadores que permitam quantificar o consumo de água em cada etapa do processo.

Pertencente aos *outputs* deste processo encontram-se a cerveja finalizada (produto), os resíduos produzidos, as emissões gasosas, tais como o CO₂, óxidos de azoto (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), material particulado (PM10), amoníaco (NH₃), compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM) e compostos orgânicos voláteis (COV), as emissões inerentes ao efluente, como o fósforo (P), azoto (N), os sólidos suspensos totais (SST), e os parâmetros que medem a quantidade de matéria orgânica suscetível de ser oxidada no efluente tais como, a carência química de oxigénio (CQO) e carência bioquímica de oxigénio (CBO).

Informações mais detalhadas acerca das entradas e saídas do sistema podem ser consultadas no *subcapítulo 5.1*, o qual fornece valores quantitativos.

4.4 WBCSD

O WBCSD publicou um guia para facilitar a determinação da ecoeficiência por parte de uma empresa. Este guia resulta de um projeto, com a duração de dois anos, desenvolvido com o intuito de estabelecer uma metodologia de avaliação e medição da ecoeficiência, que pudesse ser utilizada por todas as indústrias (BCSD Portugal, 2000b).

O WBCSD recomenda a utilização de rácios da ecoeficiência (valor do produto por influência ambiental), uma vez que, deste modo, um aumento do rácio da eficiência reflete uma melhoria positiva no desempenho. Contudo esta metodologia permite que seja utilizado o inverso desta expressão, uma vez que muitas empresas nomeadamente a Unicer têm seguido a influência ambiental por unidade de valor. Tais cálculos resultam em rácios de intensidade de impacto, em que um rácio de intensidade em declínio reflete uma melhoria positiva no desempenho (BCSD Portugal, 2000b).

Para a determinação da ecoeficiência, de acordo com a equação (1), definida pelo WBCSD, foi necessário quantificar o valor do produto, bem como determinar os indicadores com influência ambiental.

Os aspetos propostos pelo WBCSD para caracterizar a categoria de valor do produto/serviço são: o volume/massa, a unidade monetária ou a função (BCSD Portugal, 2000b).

Uma vez que, o valor monetário do produto apresenta contingências, por se tratar de informação confidencial por parte da empresa, os rácios de ecoeficiência foram calculados por uma estimativa do valor do produto e pelos indicadores de influência ambiental.

Pela sua aplicação expedita, a metodologia desenvolvida pelo WBCSD permite a utilização do volume de cerveja produzida como valor do produto, sendo este valor o utilizado por parte das indústrias cervejeiras na publicação dos seus relatórios de sustentabilidade, uma vez que facilita a comparação entre estes. Estas indústrias apresentam os seus resultados nos relatórios de sustentabilidade como, por exemplo, o quociente entre um consumo de recurso e o volume de cerveja produzida, tratando-se este quociente de um indicador ambiental.

Os indicadores de influência ambiental, sugeridos pelo WBCSD de acordo com a ISO 14031, podem ser utilizados por praticamente todos os negócios. Para além de serem universalmente relevantes, cada um destes indicadores diz respeito a uma preocupação ambiental global (BCSD Portugal, 2000b).

4.4.1 Indicadores de influência ambiental

Como referido anteriormente, a escolha dos indicadores de ecoeficiência foi baseada no documento “Diretrizes para a Elaboração de Relatórios de Sustentabilidade” elaborado pelo *Global Reporting Initiative* (GRI) e no *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) que recomenda a ISO 14031:2004 (Avaliação de Desempenho Ambiental) no processo de seleção de indicadores de influência ambiental.

Dos indicadores de desempenho operacional da ISO 14031:2004 foram selecionados aqueles que possuem relevância ambiental para o presente estudo.

Tabela 1 - Indicadores de influência ambiental selecionados com base na ISO 14031.

Indicadores revistos na Norma Internacional ISO 14031:2004	Indicadores de influência ambiental
Quantidade de materiais usados por unidade de produto	Consumo de matérias primas e subsidiárias por hectolitro de cerveja produzida
Quantidade de água por unidade de produto	Consumo de água por hectolitro de cerveja produzida
Quantidade de energia utilizada por unidade de produto	Consumo de energia elétrica por hectolitro de cerveja produzida
	Consumo de energia térmica por hectolitro de cerveja produzida
Quantidade de resíduos por unidade de produto	Produção de resíduos por hectolitro de cerveja produzida
Quantidade de emissões específicas por unidade de produto	Emissão de CO ₂ por hectolitro de cerveja produzida
Quantidade de efluente por unidade de produto	Produção de efluente por hectolitro de cerveja produzida

Anualmente, e devido à política implementada pela empresa, a Unicer elabora o Relatório de Sustentabilidade. Os indicadores ambientais presentes nessa publicação são:

- Consumo de água por unidade de produto;
- Consumo total de energia por unidade de produto;
- Emissão de gases com efeito de estufa por unidade de produto;
- Produção de resíduos por unidade de produto;
- Produção de subprodutos por unidade de produto;
- Produção de águas residuais por unidade de produto.

Estes indicadores ambientais estão de acordo com os sugeridos pela Norma Internacional ISO 14031. Assim, e de acordo com o anteriormente mencionado, considerou-se pertinente para o presente trabalho a análise de:

- Consumo de água por hectolitro de cerveja produzida;
- Produção de efluentes por hectolitro de cerveja produzida;
- Consumo de energia elétrica por hectolitro de cerveja produzida;
- Consumo de energia térmica por hectolitro de cerveja produzida;
- Produção de resíduos por hectolitro de cerveja produzida;
- Consumo de CO₂ por hectolitro de cerveja produzida;
- Emissão de CO₂ por hectolitro de cerveja produzida.

Foi excluído o indicador de influência ambiental relativamente à utilização das matérias primas e subsidiárias, uma vez que este indicador não é avaliado pela empresa. Este facto deve-se, ao elevado esforço que é necessário empregar para reunir toda a informação necessária, que se traduz num processo bastante complexo dada a diversidade e dispersão geográfica dos fornecedores, bem como a necessidade de converter todas os materiais consumidos para a mesma unidade.

4.4.2 Indicador de valor do produto

Para o indicador de valor do produto, foi fornecido por parte da empresa o “resultado operacional” de todo o grupo para o ano de 2013, que será apresentado no Relatório de Sustentabilidade. A partir deste valor cedido, foi estimado a contribuição económica do setor das cervejas (Leça do Balio), com a finalidade de se obter o valor do produto.

4.5 EcoWater

Como referido anteriormente, é utilizada a ISO 14045:2012 para avaliar a ecoeficiência segundo o projeto EcoWater. Ao abrigo deste projeto são também utilizados *software* que auxiliam o cálculo da ecoeficiência e permitem uma melhor visualização das opções de melhoria para incrementar a ecoeficiência no ciclo de vida do produto. Assim, este projeto disponibiliza a aplicação do *Systemic Environmental Analysis Tool* (SEAT) para calcular os impactes ambientais do sistema, o *Economic Value chain Analysis Tool* (EVAT) para quantificar toda a cadeia de valor do produto e o *EcoWater Toolbox* para determinar os rácios de ecoeficiência.

A metodologia para a avaliação da ecoeficiência poderá ser dividida em cinco fases, sendo estas (EN ISO 14045, 2012): (i) a definição do objetivo e do âmbito, (ii) a avaliação do impacte ambiental, (iii) a avaliação económica, (iv) a quantificação da ecoeficiência e (v) a interpretação.

De acordo com a ISO 14045, esta recomenda que os impactes ambientais sejam avaliados utilizando a ferramenta de avaliação do ciclo de vida (ACV). Através do inventário definido é possível avaliar o impacte do ciclo de vida (AICV), identificando e quantificando os potenciais impactes associados aos consumos e emissões decorrentes do processo produtivo.

A quantificação da ecoeficiência foi calculada relacionando os resultados da avaliação ambiental e os resultados da avaliação económica, de acordo com a equação (1).

4.5.1 Avaliação de impacte do ciclo de vida (AICV)

A avaliação de impacte do ciclo de vida, como referido no *subcapítulo 2.4.1*, é uma fase da avaliação do ciclo de vida. Esta fase tem como objetivo quantificar as consequências ambientais aquando da análise do inventário (Baumann, et al., 2004).

A fase de avaliação de impacte do ciclo de vida deve incluir os seguintes elementos obrigatórios (NP EN ISO 14044, 2010):

- Seleção de categorias de impacte;
- Classificação, que se baseia numa correspondência entre os resultados do inventário a as categorias de impacte selecionadas;
- Caracterização, traduz-se no cálculo dos indicadores de categoria.

Existem outras etapas pertencentes à fase de AICV; porém, para a avaliação da ecoeficiência não é necessário proceder ao cálculo dos restantes elementos opcionais, porque não se pretende um único indicador de impacte ambiental (Baumann, et al., 2004).

Os elementos opcionais existentes são (NP EN ISO 14044, 2010):

- Normalização, que pode ser utilizada para calcular a magnitude dos resultados do indicador de categoria relativos à informação de referência;
- Agregação, que permite ordenar e hierarquizar as categorias de impacto;
- Ponderação, que possibilita a conversão e possível agregação dos resultados do indicador nas categorias de impacto utilizando fatores numéricos baseados em escolhas de valor;
- Análise da qualidade dos dados, que permite um melhor entendimento da fiabilidade da recolha de resultados do indicador, como por exemplo a análise de sensibilidade.

Para o presente caso de estudo, serão realizadas as etapas até à caracterização, uma vez que os restantes elementos opcionais não se enquadram dentro dos objetivos do trabalho, pois só se pretende calcular os indicadores de categoria de impacto ambiental.

Para a avaliação do impacto ambiental foi utilizado o ReCiPe 2008 para a seleção das categorias de impacto ambiental e para o fornecimento dos fatores de caracterização. Este documento foi desenvolvido em parceria entre o PRé Consultants, CML, RUN e RIVM e trata-se de uma melhoria na CML 2000 e no Ecoindicator 99 (PRé Consultants, 2014).

4.5.1.1 Seleção de categorias de impacto

Primeiramente foi necessário selecionar as categorias de impacto no qual o processo produtivo da empresa poderá ter impactos relevantes. O ReCiPe 2008 compreende dois conjuntos de categoria de impacto: um desses conjuntos possui dezoito categorias de impacto, que dizem respeito ao nível *midpoint*; o outro conjunto possui três categorias de impacto, convertidas e agregadas ao nível *endpoint* (Goedkoop, et al., 2012). Foram escolhidas as categorias de impacto ao nível *midpoint*, uma vez que não se pretende uma caracterização mais detalhada acerca dos impactos ambientais associados à empresa.

De entre as dezoito categorias de impacto ao nível *midpoint* disponibilizadas pelo ReCiPe 2008, foram selecionadas sete categorias de impacto, tendo por base os impactos ambientais associados, ao consumo dos recursos e emissões pela Unicer. Sendo assim foram selecionadas as seguintes categorias de impacto:

- Alterações climáticas;
- Acidificação terrestre;
- Eutrofização;
- Formação de oxidantes fotoquímicos;
- Formação de material particulado;
- Depleção da água;

- Depleção dos combustíveis fósseis.

O ReCiPe 2008 permite escolher entre três perspectivas (individualista, hierarquizada e igualitária), a que melhor se adequa ao nosso caso de estudo. Estas perspectivas variam de acordo com o horizonte temporal, a capacidade de gestão, etc. A perspectiva que se enquadra com este estudo é a perspectiva hierárquica uma vez que se baseia com os princípios de tomada de decisão mais usuais ao nível espaço-temporal.

4.5.1.2 Classificação

Na etapa de classificação foi realizada uma correspondência entre os dados do inventário e as categorias de impacto ambiental selecionadas. Para tal, foi utilizada uma base de dados disponibilizada pelo ReCiPe 2008, e que permite estabelecer a ligação entre os dados do inventário e as categorias de impacto.

Nesta fase, apenas foram considerados alguns dados do inventário, uma vez que este tipo de base de dados está mais vocacionada para os impactos ambientais associados à extração de recursos e emissões finais para os vários compartimentos ambientais (ar, solo e água). Por sua vez, a empresa do presente caso de estudo, lida com materiais já transformados em etapas intermédias do seu ciclo de vida, logo não foi possível através desta mesma base de dados avaliar o impacto ambiental associado à utilização destes recursos.

Desta forma, quanto à entrada de energia elétrica no sistema, e uma vez que esta se trata de um recurso transformado e processado, não foi possível obter informação acerca do seu impacto ambiental na base de dados fornecida pelo ReCiPe 2008.

Relativamente às saídas, os produtos resultantes do processo de fabrico não foram contabilizados no cálculo de impactos ambientais, devido ao facto de que a sua posterior utilização e tratamento final não estejam incluídas nas fronteiras do sistema.

Em seguida, para cada dado do inventário considerado nesta análise verificou-se quais as categorias de impacto e o fator de caracterização correspondente, através da consulta da base de dados do ReCiPe 2008.

Na consulta da base de dados verificaram-se algumas restrições no processo de classificação, nomeadamente no que diz respeito à carência bioquímica de oxigénio (CBO), aos sólidos suspensos totais e aos compostos orgânicos voláteis (COV), uma vez que a base de dados utilizada não possuía fatores de caracterização para os parâmetros mencionados.

Para a carência química de oxigénio (CQO), a base de dados fornecida pelo ReCiPe 2008 não fornecia a informação pretendida, logo foi utilizada uma base de dados alternativa (CML-IA),

tendo em atenção que os fatores de caracterização se encontravam nas mesmas unidades que os fatores de caracterização presentes base de dados do ReCiPe.

Foi igualmente utilizada a base de dados CML-IA para obtenção de fatores de caracterização para a emissão de fósforo e azoto.

Quanto aos fatores de caracterização da depleção da água, foi considerado que a água proveniente dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS), tem origem em recursos de água superficial. A Indaqua, sendo o SMAS com a concessão do concelho de Matosinhos, abastece os seus consumidores com água proveniente das Águas do Douro e Paiva.

4.5.1.3 Caracterização

A caracterização é a fase na qual os valores do indicador são calculados para cada categoria de impacto, utilizando fatores de caracterização (Ferreira, 2004). Para a fase da caracterização também foi utilizada a base de dados disponibilizada pela metodologia do ReCiPe 2008.

Na *Tabela 2* estão apresentadas as categorias de impacto ambiental selecionadas, bem como os fatores de caracterização associados a cada categoria.

Tabela 2 - Categorias de impacto ambiental e fatores de caracterização associados.¹

Categoria de impacto ambiental	Fator de caracterização
Alterações climáticas	“AG” - Potencial de aquecimento global (kg CO ₂ eq.)
Acidificação terrestre	“AT” - Potencial de acidificação terrestre (kg SO ₂ eq.)
Eutrofização	“Eut” - Potencial de eutrofização (kg PO ₄ ³⁻ eq.)
Formação de oxidantes fotoquímicos	“FOF” - Potencial de formação de oxidantes fotoquímicos (kg COVNM eq.)
Formação de material particulado	“FMP” - Potencial de formação de material particulado (kg PM10 eq.)
Depleção da água	“DA” - Potencial de depleção da água (m ³ de água)
Depleção dos combustíveis fósseis	“DCF” - Potencial de depleção dos combustíveis fósseis (kg petróleo eq.)

Conhecidos os fatores de caracterização foi possível calcular, para cada categoria de impacto, as contribuições de cada um dos aspetos ambientais enquadrados nesta, multiplicando-se o valor do aspeto pelo respetivo fator de caracterização. A expressão que permite calcular o indicador para cada categoria de impacto é dado por:

¹ eq.- equivalente

$$I_m = \sum_i Q_{mi} \times m_i \quad (2)$$

Onde I_m representa o indicador para a categoria de impacto m . Desta equação, os valores de m_i correspondem à quantidade de poluente i emitido por unidade funcional e os valores de Q_{mi} são os fatores de caracterização (Goedkoop, et al., 2012).

Desta forma, as contribuições de todos os aspetos ambientais são expressas na mesma unidade (geralmente, massa equivalente da substância-padrão) e a soma corresponde ao indicador de categoria de impacto.

4.5.2 Avaliação económica

Tal como para a metodologia do WBCSD, foi utilizada uma estimativa do “resultado operacional” para quantificar o valor do produto. Paralelamente, foi introduzido no EVAT esta informação, não tendo sido possível, contudo, retirar resultados pois não se possuíam informações acerca da cadeia de valor do produto, ou seja, custos associados a cada etapa do ciclo de vida do produto, bem como vendas, etc.

5 Resultados e Discussão

5.1 Análise do inventário

Como referido anteriormente, para avaliar a ecoeficiência é necessário proceder à inventariação de todas as entradas e saídas das fronteiras do sistema. Nos próximos capítulos são apresentadas tabelas com o inventário de todos os intervenientes do processo cervejeiro para o ano de 2013.

A nomenclatura utilizada para referir as diversas etapas nas tabelas estão de acordo com os fluxogramas antes referidos (*capítulo 3*) sobre o processo de fabrico de cerveja (*Figura 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9*).

Os números de 1 a 17 dizem respeito às etapas de fabrico de cerveja filtrada. Para os exemplos de “GTRn” e “BTPn”, “G” representa as linhas de enchimento de garrafas e “B” as linhas de enchimento de barris, sendo que “TR” diz respeito ao vasilhame de tara retornável e “TP” ao vasilhame de tara perdida. O “n” representa os números de 1 até 18 (no máximo) das diferentes etapas de enchimento.

5.1.1 Entradas no sistema

A descrição das etapas para o fabrico de cerveja foi apresentada no *subcapítulo 3.2*. Então, e de modo a traçar o perfil de ecoeficiência da empresa, torna-se fundamental determinar o consumo de recursos.

5.1.1.1 Água

A água é uma das principais matérias primas da cerveja, mas também é bastante utilizada em CIP (*Cleaning in Place*) e em etapas do processo de enchimento.

Na *Tabela 3* estão discriminados os consumos de água por tipo (processo, rede geral, desarejada, industrial e desmineralizada) no ano de 2013. Os dados estão agrupados tendo em conta a área de produção (Fabrico, Adegas, Enchimento e Central de Produção de Vapor) onde é utilizada a água afeta ao processo de fabrico de cerveja.

Tabela 3 - Consumo de água para cada área e etapa do processo tendo em conta o tipo de água utilizada.

Área	Etapa	Tipo de água	Consumo de água (hl/ano)
Fabricao	4	Processo	770 968
	5	Processo	1 156 452
Adegas	11	Desarejada	61 463
	16	Desarejada	1 306 082
	CIP	Rede Geral	1 415 254
Enchimento (Linha A)	GTR5	Rede Geral	494 903
	GTR7	Rede Geral	65 987
	GTR7	Desarejada	30 832
	GTR9	Industrial	8 920
	GTR13	Rede Geral	98 981
Enchimento (Linha 2)	GTP4	Rede Geral	179 548
	GTP4	Desarejada	102 502
	GTP6	Industrial	292 615
Enchimento (Linha 3)	GTR5	Rede Geral	264 952
	GTR7	Rede Geral	66 238
	GTR7	Desarejada	111 100
	GTR9	Industrial	386 718
	GTR13	Industrial	386 718
Enchimento (Linha 5)	GTR5	Rede Geral	181 344
	GTR7	Rede Geral	45 336
	GTR7	Desarejada	158 522
	GTR9	Industrial	274 161
	GTR13	Industrial	274 161
Enchimento (Linha 6)	GTP4	Rede Geral	114 440
	GTP4	Desarejada	88 746
	GTP6	Industrial	257 847
Enchimento de Garrafas	CIP	Rede Geral	28 670
Enchimento (Linha B TR)	BTR2	Rede Geral	40 070
	BTR4	Rede Geral	60 105
	BTR6	Rede Geral	100 174
	BTR6	Desarejada	61 463
Enchimento (Linha B TP)	BTP4	Rede Geral	21 481
Enchimento de Barris	CIP	Rede Geral	182 686
Centrais	Vapor	Desmineralizada	178 260

A área do Fabricao totalizou, para o ano de 2013, um consumo de água no valor de 1 927 420 hl, as Adegas utilizaram 2 782 799 hl de água, o Enchimento foi o maior consumidor despendendo 4 379 218 hl de água e a Central de Produção de Vapor consumiu 178 260 hl de água. O consumo global de água utilizada dentro das fronteiras do sistema foi de 9 267 698 hl.

No Fabrico e nas Adeegas são utilizadas soluções para afinar as características finais do produto. Devido às diversas soluções e concentrações aplicadas a diferentes tipos de cerveja, não foi possível avaliar a quantidade de água empregue em cada uma destas soluções. No entanto, toda a água consumida foi registada através dos contadores de água de cada área fabril.

No Fabrico existe a quantificação da água que vem da ETA e que entra nesta área, contudo não é utilizada apenas esta água para o fabrico do mosto. Devido à necessidade de água quente no processo de brassagem é reaproveitada a água que provém do arrefecimento do mosto das Adeegas. A água do processo arrefecida utilizada no arrefecimento do mosto, aquece devido à transferência de calor do mosto para a água. Desta forma, esta é uma mais-valia quando incorporada no fabrico do mosto, uma vez que assim é necessário menor quantidade de vapor para este processo. A quantidade de água contabilizada à entrada do Fabrico foi de 731 210 hl e 1 196 210 hl foi a água reaproveitada do arrefecimento do mosto. Da soma destas duas componentes resulta a água efetivamente utilizada ao longo do processo na área do Fabrico. Assim, estimou-se que 40% da água utilizada na área do Fabrico foi empregue na etapa da brassagem e a restante (60%) foi consumida da filtração do mosto, perfazendo os valores indicados na *Tabela 3*.

Também foram feitas estimativas para o cálculo da água consumida nas Adeegas. A Unicer tem informação acerca do volume de água desarejada que é utilizada em toda a instalação, sendo neste caso 1 920 710 hl. Atendendo aos fluxogramas do processo de fabrico de cerveja, *Figura 5, 6, 7 e 8*, é possível verificar que a água desarejada é essencialmente utilizada para a centrifugação da cerveja, para o acerto do extrato, para a etapa de enchimento de garrafas de cerveja e para a pasteurização de cerveja para barris de TR.

Através de informação obtida por parte dos colaboradores foi possível estimar os consumos de água desarejada ao longo de todo o processo. Foi dada a informação que a água desarejada utilizada para o acerto de extrato, corresponde a 40% do volume de cerveja armazenada em TCF, sendo portanto 1 306 082 hl o respetivo valor.

A restante água desarejada (614 628 hl) foi distribuída pela centrifugação, enchimento de garrafas e pasteurização de cerveja para barril de TR. Foi estimado que 10% desta água segue para a centrifugação, 80% para o enchimento de garrafas e 10% para a pasteurização. A divisão dos consumos de água desarejada pelas cinco linhas de enchimento de garrafas foi realizada tendo em conta a percentagem de cerveja acondicionada em cada uma destas linhas.

Foi possível averiguar igualmente o consumo de água para o CIP das Adeegas. A água da rede geral à entrada das Adeegas é quantificada através de um contador. A utilização deste tipo de água nesta área é essencialmente para a limpeza dos equipamentos e instalações. Este

procedimento requer que a água seja quente, utilizando assim o vapor para a aquecer ou então através do aproveitamento térmico do motor de cogeração.

Por intermédio dos aproveitamentos térmicos do motor de cogeração é possível aquecer a água para utilização no CIP das Adeegas, no CIP do Enchimento de barris e nos pasteurizadores do Enchimento de garrafas. Existem dois tipos de circuitos para este tipo de aproveitamento térmico da energia fornecida pelo motor de cogeração, sendo estes o circuito aberto e o circuito fechado.

A água quente utilizada nos pasteurizadores do Enchimento de garrafas, circula em circuito fechado. Por outras palavras, é utilizada na pasteurização a água quente, apenas para fornecer a energia térmica ao processo. A água propriamente dita é recirculada e utilizada apenas como transportador de energia, não sendo desta forma consumida.

Por outro lado, a água quente utilizada no CIP das Adeegas e no CIP do Enchimento de barris é utilizada no processo de limpeza, tratando-se portanto de um circuito aberto. Desta forma, é contabilizada a água que é aquecida no motor de cogeração (344 690 hl/ano) e em que 47% desta é usada no CIP das Adeegas e a restante 53% no CIP do Enchimento de barris. Sabendo a água da rede geral que chega às Adeegas e a água quente utilizada no CIP das Adeegas fez-se o valor de 1 415 254 hl para o ano de 2013.

Foram igualmente feitas estimativas no que diz respeito aos consumos de água por parte de cada etapa no processo de enchimento de garrafas e de barris. Existe contabilização da água da rede geral e industrial utilizada em cada uma das linhas de enchimento. Destes valores totais foram então realizadas as respetivas avaliações de consumos de cada etapa.

Salienta-se que o consumo de água por parte da linha A diz respeito só aos primeiros meses de funcionamento em 2013, devido à sua substituição. Esta linha de enchimento utilizava água da rede geral para a lavagem de garrafas, para o enchimento e para a lavagem de grades, sendo as suas estimativas de consumo de 75%, 10% e 15% respetivamente. A água industrial utilizada nesta linha foi consumida apenas na pasteurização.

O cálculo da água desarejada utilizada no enchimento da linha A foi realizada através do valor total de água desarejada empregue nas linhas de enchimento de garrafas, neste caso seria aproximadamente 7,9% desse valor. Ressalva-se que neste tipo de cálculo, o valor apresentado diz respeito ao somatório de todos os meses do ano de 2013, cada valor mensal foi obtido pela multiplicação do consumo total de água desarejada e pela percentagem de enchimento mensal da respetiva linha. O tratamento de dados mensalmente conduz a um valor ligeiramente diferente daquele que se obteria se o cálculo fosse apenas feito no global do ano. Por exemplo, o valor 7,9% de enchimento da linha A diz respeito ao montante anual e de facto este valor não se verificou em nenhum dos doze meses, destacando-se até o facto de esta linha ter sido extinta

no primeiro semestre do ano. Este raciocínio foi utilizado para estimar o consumo de água desarejada para as restantes linhas de enchimento de garrafa, sendo os valores anuais aproximados de enchimento destas de 20,9%, 21,5%, 31,3% e 18,4% da linha 2, 3, 5 e 6 respetivamente.

Tanto a linha 2 como a linha 6 utilizam água da rede geral e água desarejada no enchimento e água industrial na pasteurização. Tal como referido anteriormente, os consumos de água da rede geral e industrial são contabilizados à entrada de cada linha de enchimento e como existe uma única etapa que utiliza cada tipo de água, não se tornou necessário estimar o seu valor.

A linha 3 e a linha 5 utilizam a água da rede geral para a lavagem de garrafas e para o enchimento, portanto estimou-se que a utilização de água seria de 80% e 20% para a primeira e segunda etapa respetivamente. Estas duas linhas utilizam igualmente a água industrial para a etapa de pasteurização e de lavagem de grades, e considerou-se que o consumo seria distribuído equitativamente pelas duas etapas.

O valor obtido para o CIP no Enchimento de garrafas diz respeito só aos últimos 3 meses do ano. Durante o programa de modificações na Unicer, foi substituído o tipo de CIP utilizado no Enchimento. Antigamente o CIP era descentralizado, sendo os gastos de água para a higienização dos equipamentos identificados nos consumos de cada linha de enchimento; desde a instauração do CIP centralizado passou a haver mais um circuito para contabilizar a água despendida no processo, tendo por base a diminuição dos consumos específicos de água para as linhas de enchimento de garrafas.

De igual forma foi possível averiguar o gasto de água no Enchimento de barris. A Unicer possui um contador de água da rede geral que é direcionada para as linhas de enchimento de barris, tanto de tara retornável como de tara perdida. Este consumo total de água foi distribuído tendo em conta com as percentagens de enchimento para cada tipo de barril, ou seja, 90,8% para os barris TR e 9,2% para os barris TP. A linha de enchimento de barril de tara perdida só utiliza água da rede geral para a pasteurização, logo também não é necessário recorrer a estimativas para quantificar o consumo de água para cada etapa.

Já a linha de enchimento de barril de tara retornável, utiliza este tipo de água na lavagem exterior dos barris, na lavagem de barris e na pasteurização. Sendo assim, estimou-se que 20% do consumo de água da rede geral seria para a lavagem exterior de barris, 30% para a lavagem de barris e 50% para a pasteurização *flash*.

A água desmineralizada utilizada para a produção de vapor, como explicado anteriormente, é recuperada por intermédio de um desgaseificador. Segundo dados da Unicer, no ano de 2013 foram recuperados 75% dos condensados afetos às instalações de Leça do Balio. O vapor não é utilizado unicamente nas etapas do fabrico de cerveja, sendo a ETAR até um dos principais

usuários do vapor, que apesar de se enquadrar dentro das fronteiras do sistema, não são contabilizados os seus consumos pelos motivos já explicados. As principais perdas da água desmineralizada do vapor (condensado) ocorre na ETAR uma vez que esta não possui o sistema de recuperação por ser bastante oneroso. O facto de não existir este tipo de tecnologia de recuperação na ETAR, deve-se ao avultado investimento em termos de tubagem provocada pela elevada distância entre a ETAR e as centrais onde se encontra o desgaseificador.

A água captada por furos, minas e poços para as instalações da Unicer em Leça do Balio no ano de 2013 foi de 3 576 010 hl (32%) e a água que foi fornecida pelo abastecimento público foi de 7 650 770 hl (68%), somando estas duas a água armazenada e tratada na ETA perfeitou um valor de 11 226 780 hl. Contudo toda esta água não foi utilizada apenas para o fabrico de cerveja, alguma foi utilizada nas zonas administrativas, refeitório, etc. A percentagem de água captada utilizada para satisfazer as necessidades do processo de fabricação de cerveja foi de 83%.

5.1.1.2 Energia elétrica

A energia elétrica é utilizada em todas as etapas do processo de fabrico da cerveja. Devido à falta informação e multiplicidade de equipamentos utilizados não foi possível estimar o consumo de eletricidade para cada etapa do fabrico de cerveja.

Na *Tabela 4* estão apresentados os consumos de energia elétrica no ano de 2013 para cada área que pertence às fronteiras do sistema.

Salienta-se que a sigla “AQ” (água quente) presente na tabela abaixo, diz respeito ao sistema de recuperação de calor do motor de cogeração, que abastece os pasteurizadores do enchimento de garrafas.

Tabela 4 - Consumo de energia elétrica para cada área pertencente ao processo.

Área	Etapa	Consumo de energia elétrica (kWh/ano)
Fabrico	1 a 7	877 611
Adegas	8 a 10	929 708
	11 a 17	929 708
Enchimento (Linha A)	GTR1 a GTR18	904 449
Enchimento (Linha 2)	GTP1 a GTP15	862 550
Enchimento (Linha 3)	GTR1 a GTR18	1 278 505
Enchimento (Linha 5)	GTR1 a GTR18	1 314 345
Enchimento (Linha 6)	GTP1 a GTP15	1 437 574
Enchimento de Garrafas	CIP	238 935
	AQ	68 796
Enchimento (Linha B TR)	BTR1 a BTR13	400 347
Enchimento (Linha B TP)	BTP1 a BTP10	102 149
Centrais	Vapor	93 881
ETA		1 204 972

Como já referido, não foi possível averiguar o consumo energético para cada etapa do processo, sendo que os valores apresentados dizem respeito à entrada de energia elétrica em cada área das fronteiras do sistema.

Nas Adegas foi feita uma estimativa, que se traduz nos consumos entre a etapa fermentativa da cerveja nas cilindro-cónicas e na filtração da cerveja.

Na área de enchimento de garrafas e barris só existe informação acerca do consumo de energia elétrica para cada linha de enchimento, uma vez que existem contadores que permitem monitorizar os consumos.

O sistema CIP nas instalações de Enchimento de garrafas passou a ser um sistema centralizado no início do segundo trimestre do ano de 2013, portanto foi instalado um contador que controla os consumos energéticos por parte desta nova tecnologia. Estes consumos energéticos baseiam-se sobretudo no funcionamento do sistema de bombagem e equipamentos auxiliares.

O sistema de circuito fechado de reaproveitamento térmico do motor de cogeração também se iniciou no mesmo período que o sistema CIP. O correspondente dispêndio de energia elétrica ocorre principalmente na bombagem da água desde as centrais até às instalações do Enchimento.

Na Central de Produção de Vapor também é utilizada energia elétrica para permitir o funcionamento das caldeiras e consequentemente produzir o vapor utilizado nas instalações da Unicer. Contudo, como já mencionado, nem todo o vapor produzido é utilizado única e exclusivamente para o fabrico da cerveja. Como referido, existem outros consumidores de vapor nomeadamente a Mini-Fábrica, a ETAR, entre outros. Apesar da ETAR pertencer às

fronteiras do sistema, os seus consumos não foram contabilizados. Estes consumos de vapor externos à produção de cerveja representam cerca de 22% do consumo de vapor total para o ano de 2013, os restantes 78% dizem respeito ao consumo de vapor pertencente às áreas dentro das fronteiras do sistema. Assim, ao valor total do consumo de energia elétrica na central de produção de vapor multiplicou-se por 78%, de modo a obter-se apenas o consumo energético associado ao vapor utilizado dentro das fronteiras estabelecidas. O valor apresentado na *Tabela 4* para o consumo de energia elétrica na central de produção de vapor foi calculado segundo o descrito anteriormente.

Tal como o vapor, nem toda água tratada na ETA é utilizada para o processo de fabrico de cerveja. O consumo de água de qualquer tipo de tratamento dentro das fronteiras do sistema, representa cerca de 83% do consumo total de água em todas as instalações fabris. Desta forma, foi realizado o mesmo procedimento de cálculo para o caso do vapor.

5.1.1.3 Energia térmica

O vapor é a principal fonte de energia térmica utilizada para o processo de fabrico da cerveja. Contudo, no ano de 2013 a Unicer começou a reaproveitar o calor gerado pelo motor de cogeração para aquecer a água. Desta forma, reduziu-se o consumo de vapor que era utilizado nos pasteurizadores do Enchimento de garrafas e no CIP das Adeas. Tratando-se a água quente proveniente do motor de cogeração um método recente e alternativo, considerou-se este como pertencente à categoria de consumo de energia térmica.

Na *Tabela 5* é possível verificar os respetivos consumos de energia térmica, ou seja, vapor ou água quente, para cada etapa do processo de fabrico da cerveja.

Tabela 5 - Consumo de energia térmica para cada área e etapa do processo.

Área	Etapa	Tipo	Consumo de energia térmica (GJ/ano)
Fabricao	4	Vapor	27 899
	6	Vapor	27 899
Adegas	9	Vapor	3 798
	CIP	Vapor	3 798
Enchimento (Linha A)	GTR5	Vapor	15 183
	GTR9	Vapor	9 110
	GTR13	Vapor	6 073
Enchimento (Linha 2)	GTP6	Água quente	12 771
Enchimento (Linha 3)	GTR5	Vapor	14 259
	GTR9	Água quente	8 555
	GTR13	Vapor	5 703
Enchimento (Linha 5)	GTR5	Vapor	9 664
	GTR9	Água quente	5 798
	GTR13	Vapor	3 865
Enchimento (Linha 6)	GTP6	Água quente	11 466
Enchimento (Linha B TR)	BTR2	Vapor	1 226
	BTR3	Vapor	1 226
	BTR4	Vapor	1 635
	BTR5	Vapor	2 043
	BTR6	Vapor	2 043
Enchimento (Linha B TP)	BTP3	Vapor	878

A empresa possui contadores que quantificam o consumo de vapor em toneladas à entrada de cada área do processo. Através da entalpia de vapor saturado 2738 kJ/kg a 4 bar e 144° C converteu-se o valor em tonelada para gigajoule (GJ), de forma a apresentar o consumo de energia do vapor e da água quente na mesma unidade.

Tal como no caso da água, foi possível estimar os consumos de vapor e água quente utilizados em cada etapa do processo.

Na área do Fabricao é utilizado vapor na etapa da brassagem e na ebulição do mosto. Atendendo a este facto, foi admitido que a utilização de vapor era de 50% do valor global da área em cada uma destas etapas.

Nas Adegas o consumo de vapor também foi repartido equitativamente pela etapa da fermentação e pelo CIP desta área.

O período de funcionamento da linha A não coincidiu com a introdução do aproveitamento térmico da água quente nos pasteurizadores, portanto durante o seu período de laboração era o vapor que fornecia a energia térmica para os pasteurizadores. Desta forma, toda a linha A

utilizava vapor para obter a energia térmica necessária ao processo, ao contrário das linhas 2, 3, 5 e 6, que utilizam água quente nos pasteurizadores e vapor na lavagem de garrafas e grades, apenas para as linhas de enchimento de garrafas de tara retornável.

Admitiu-se que o consumo de energia térmica na lavagem de garrafas seria de 50%, 30% na pasteurização e 20% na lavagem de grades, isto numa linha de enchimento de garrafas de tara retornável. O consumo de energia térmica numa linha de enchimento de garrafas de tara perdida deve-se apenas aos pasteurizadores. Os resultados apresentados na *Tabela 5* estão de acordo com o que foi anteriormente mencionado.

Também foi contabilizado o vapor que foi consumido nas linhas de enchimento de barris. Da mesma forma que para a água, e atendendo ao valor global de consumo de vapor para as linhas de enchimento de barris, dividiu-se o consumo de vapor tendo em conta os volumes de enchimento para cada tipo de barril no ano de 2013, ou seja, 90,8% para os barris TR e 9,2% para os barris TP.

Assim, sabendo o consumo de vapor na linha de enchimento de barril TR foi assumido, tendo como base a experiência dos colaboradores da empresa, que 15% do consumo total foi utilizado na lavagem exterior dos barris, 15% na pré-lavagem dos barris, 20% na lavagem do barril, 25% na esterilização dos barris e 25% na pasteurização *flash*.

Como referido no *subcapítulo 3.3.3* para a produção de vapor é necessário um combustível e também, água tratada. Na *Tabela 5* estão apresentados os consumos anuais (2013) dos recursos necessários para o fabrico de vapor.

Tabela 6 - Consumo de água desmineralizada, energia elétrica e combustíveis para a produção de vapor.

Área	Etapa	Consumo	
Centrais	Vapor	Água desmineralizada (hl/ano)	44 565
		Energia elétrica (kWh/ano)	93 881
		Gás natural (Nm ³ /ano)	4 670 592
		Fuelóleo (kg/ano)	26 735
		Biogás (Nm ³ /ano)	489 142

A água desmineralizada utilizada no ano de 2013 para a produção de vapor foi de 178 260 hl. Contudo, e como já antes mencionado, a água desmineralizada não se perde na sua maioria devido ao sistema de recuperação do condensado. Assim, o consumo de água desmineralizada é apenas 25% (percentagem de condensados que não é recuperado) do valor apresentado primeiramente.

Os valores apresentados na *Tabela 6* para o consumo de gás natural, fuelóleo e biogás já se encontram corrigidos tendo em conta o consumo de vapor que não é utilizado dentro das fronteiras do sistema.

5.1.1.4 Matérias primas e subsidiárias

Na *Tabela 7* encontram-se discriminados os consumos de matérias primas e subsidiárias intervenientes no processo de fabrico de cerveja para o ano de 2013. Ressalva-se que foram utilizadas designações genéricas dos materiais por questões de confidencialidade da empresa.

Tabela 7 - Consumo de matérias primas e subsidiárias para cada área e etapa do processo.

Área	Matérias primas e subsidiárias	Etapa	Consumo (kg/ano)
Fabrico	Malte	1 a 3	34 794 815
	Cevada	1 a 3	3 281 644
	Gritz de milho	1 a 3	11 514 385
	Enzimas	4	2 206
	Cloreto de cálcio	4	108 890
	Ácido fosfórico	4	200 707
	Lúpulo	6	26 151
	Açúcar	6	125 298
	Suplemento levedura	6	7
Fabrico/Adegas	Xarope de glucose	6 e 15 a 16	3 146 025
Adegas	Metabissulfito de potássio	13	228
	Suspensão de Kieselguhr	13	357 733
	PVPP	14	410
	Bissulfito de sódio	15 a 16	3 120
	Concentrados	15 a 16	12 920
	Soluções para correções e adições na filtração	15 a 16	56 522

O xarope de glucose é adicionado tanto na ebulição do mosto como num processo intermédio entre a estabilização com PVPP e a filtração Trap. Tendo em conta este facto, considerou-se que o consumo de xarope de glucose seria de 98% na primeira aplicação e 2% na segunda.

Atendendo aos valores obtidos, é possível aferir que existem matérias primas e subsidiárias com maior peso para a produção de cerveja. O malte, a cevada, o griz, o cloreto de cálcio, o ácido fosfórico, o lúpulo, o açúcar, o xarope de glucose e o kieselguhr, são as que mais se destacaram.

5.1.1.5 Dióxido de carbono

O dióxido de carbono utilizado nas instalações da Unicer é proveniente do processo de fermentação da cerveja.

O processo fermentativo gera uma quantidade substancial de CO₂ de alta qualidade (subproduto). No passado, as cervejarias gastavam uma enorme quantia de dinheiro para comprar dióxido de carbono de alta pureza de fontes externas. Através de sistemas de

recuperação como o que possui a Unicer, foi possível reduzir bastante os custos de produção da cerveja.

Na *Tabela 8* estão apresentados os consumos específicos de dióxido de carbono em cada etapa e área do processo produtivo de cerveja para o ano de 2013.

Tabela 8 - Consumo de dióxido de carbono para cada área e etapa do processo.

Área	Etapa	Consumo de CO ₂ (kg/ano)
Adegas	9	709 514
	11	106 427
	16	1 312 601
	17	709 514
	Desarejamento de água	709 514
Enchimento (Linha A)	GTR7	151 013
Enchimento (Linha 2)	GTP4	296 355
Enchimento (Linha 3)	GTR7	249 096
Enchimento (Linha 5)	GTR7	243 833
Enchimento (Linha 6)	GTP4	164 181
Enchimento (Linha B TR)	BTR3	27 029
	BTR5	27 029
	BTR7	486 513
Enchimento (Linha B TP)	BTP4	84 675

A quantidade de dióxido de carbono recuperado do processo fermentativo, no ano de 2013, foi de 6 456 toneladas. Esta quantidade satisfaz por completo as necessidades de consumo de toda a instalação da Unicer, não necessitando outrora de adquirir este recurso por intermédio de fontes externas.

Tal como nos outros casos, foram realizadas estimativas quando necessárias para determinar os consumos deste recurso em cada etapa do processo de produção da cerveja.

Foi contabilizado que o consumo de CO₂ nas Adegas foi de 3 547 570 quilogramas. Através deste consumo total, foi estimado que 20% deste consumo foi utilizado no processo de fermentação da cerveja. Utilizaram-se cerca de 3% na centrifugação da cerveja e 37% na carbonatação e acerto do extrato. Os restantes consumidores do dióxido de carbono utilizado nas Adegas foram o armazenamento de cerveja em TCF e no processo de desarejamento de água utilizada maioritariamente no acerto do extrato da cerveja. Foi admitido que estes processos utilizavam 20% cada um do consumo total de dióxido de carbono utilizado nas Adegas.

Também foi contabilizado o consumo de CO₂ em cada linha de enchimento de garrafas e barris.

Excetuando a linha de enchimento de barris de tara retornável, o consumo de dióxido de carbono por parte desta área é utilizado na etapa do enchimento em vasilhame.

A linha de enchimento de barris TR utiliza este recurso na pré-lavagem dos barris, na esterilização dos barris e no enchimento de cerveja neste tipo de vasilhame. Sendo assim, foi admitido que as duas primeiras etapas utilizariam cada uma 5% do consumo total de CO₂ nesta linha e o restante 90% seria utilizado no enchimento.

5.1.2 Saídas do sistema

As saídas das fronteiras do sistema têm um carácter deveras importante, na medida em que permitem o cálculo da ecoeficiência. Ou seja, sem a quantificação do produto fabricado na empresa seria impossível utilizar a expressão da ecoeficiência (equação 1), uma vez que não teríamos acesso ao valor do produto.

Torna-se assim imprescindível realizar o inventário de todas as saídas do processo produtivo.

5.1.2.1 Produto

A produção de cerveja é a principal atividade económica desta empresa, sendo portanto imprescindível a sua monitorização ao longo do seu processo de fabrico.

Na *Tabela 9* é possível verificar a quantidade de cerveja filtrada que esteve armazenada nos tanques de cerveja filtrada (TCF) no ano de 2013, bem como a quantidade de cerveja que foi efetivamente acondicionado nos vasilhames (garrafa e barril).

Tabela 9 - Quantidade de cerveja armazenada em TCF e quantidade de cerveja acondicionada em garrafas e barris em cada uma das linhas de enchimento.

TCF (hl/ano)	Linha A (hl/ano)	Linha 2 (hl/ano)	Linha 3 (hl/ano)	Linha 5 (hl/ano)	Linha 6 (hl/ano)	Linha B TR (hl/ano)	Linha B TP (hl/ano)
3 262 578	205 915	541 903	558 216	813 374	477 600	458 409	46 327

As linhas A, 2, 3, 5 e 6 são linhas de enchimento de garrafas. A linha A era uma linha mista que permitia encher tanto garrafas de tara perdida como de tara retornável. Atualmente essa linha não existe, tendo sido desmantelada em meados de junho de 2013, aquando da reestruturação do centro de produção de Leça do Balio.

Como referido anteriormente, as linhas 2 e 6 são dedicadas ao enchimento de garrafas de tara perdida e as linhas 3 e 5 são linhas mistas. Contudo a linha 3 esteve sempre dedicada a encher vasilhame de tara retornável.

O volume de cerveja acondicionado em garrafas foi de 2 597 009 hl para o ano de 2013. Deste valor, 7,9% corresponderam à linha A, 20,9% à linha 2, 21,5% à linha 3, 31,3% à linha 5 e, por fim, 18,4% à linha 6.

A linha B TR trata-se da linha de enchimento de barril de tara retornável e a linha B TP é a linha de barril ACE. Foram acondicionados em barril 504 736 hl de cerveja em 2013, sendo que 90,8% provieram da linha B TR e 9,2% da linha ACE.

Sintetizando os volumes acondicionados em garrafa e barril, a quantidade total de cerveja correspondente ao ano de 2013 foi de 3 101 746 hl, sendo que 84% desse volume foi cheio em garrafas e 16% em barril.

Tendo em conta o volume presente em tanque de cerveja filtrada que segue para as linhas de enchimento (3 262 578 hl) e o volume de cerveja completamente finalizada, ou seja, cheia em vasilhame (3 101 746 hl), perfaz um valor de 160 832 hl, traduzindo-se num índice de perdas de cerveja de 4,9%.

Os valores acima referidos são retirados do *software* informático de gestão empresarial, a partir do qual no último dia de todos os meses são fechadas as contas de inventariação, que poderá ainda não estar totalmente completa. Este acontecimento pode ser responsável para o facto de o índice de perdas de cerveja seja superior ao expectável pela empresa. Também o facto de no período de 2013, a Unicer de Leça do Balio se encontrar em remodelações e reestruturação poderá ter levado a uma maior taxa de perda de cerveja, devido aos reajustamentos das novas linhas de enchimento.

5.1.2.2 Resíduos

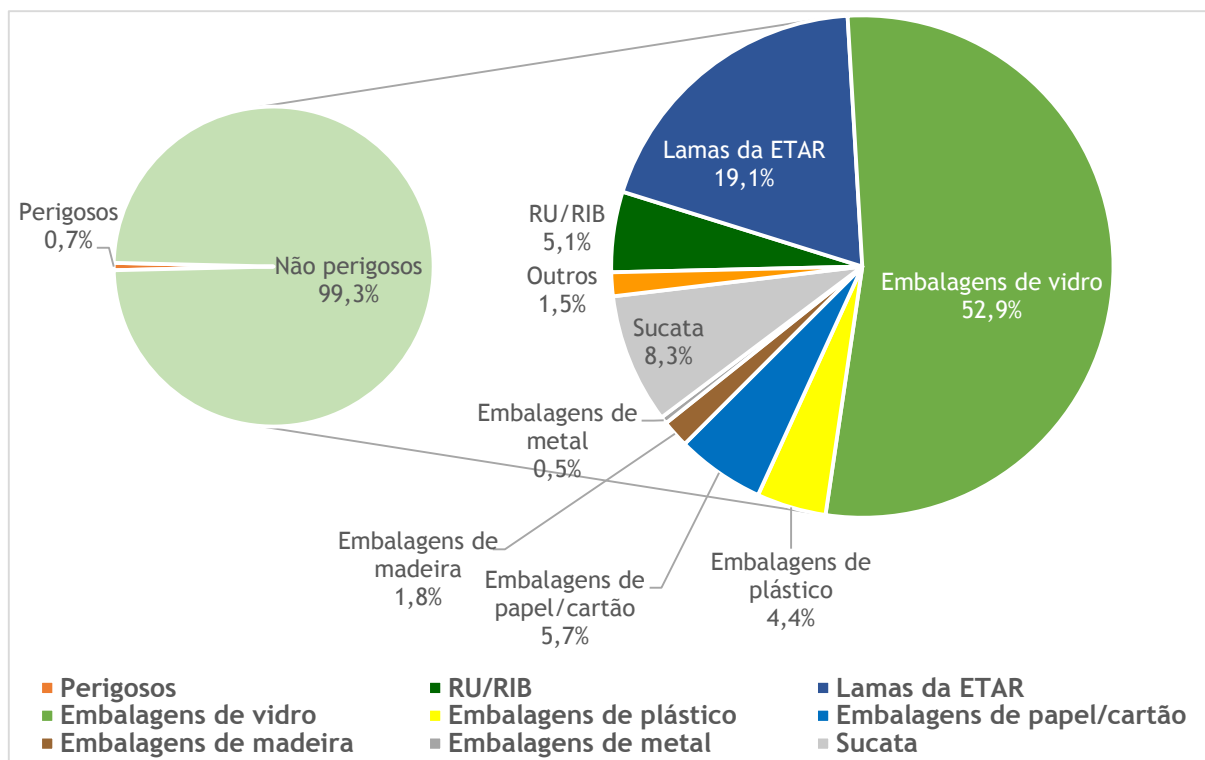
As atividades de produção de cerveja originam uma grande diversidade de resíduos, onde predomina o grupo dos resíduos de embalagem. Um segundo grupo que se destaca é o das lamas excedentárias do tratamento biológico de águas residuais.

Na Unicer é promovida a recolha seletiva de materiais, atendendo às opções de valorização e/ou à perigosidade, de modo a assegurar o apropriado acondicionamento e encaminhamento para o destino mais adequado.

Na *Tabela 10* e na *Figura 11* é possível verificar a quantidade e correspondente percentagem de resíduos gerados em todas as instalações industriais da Unicer de Leça do Balio no ano de 2013.

Tabela 10 - Quantidade de resíduos produzidos nas instalações da Unicer.

Resíduos	Produção (kg/ano)
Perigosos	63 416
Resíduos equiparáveis a urbanos/Resíduos industriais banais	444 400
Lamas da ETAR	1 650 700
Embalagens de vidro	4 569 070
Embalagens de plástico	383 618
Embalagens de papel/cartão	488 160
Embalagens de madeira	152 100
Embalagens de metal	39 360
Sucata	717 135
Outros	130 890
Total	8 638 849

**Figura 11** - Percentagem de cada tipo de resíduo produzido nas instalações da Unicer.

Através da *Tabela 10* é possível verificar a quantidade total de resíduos produzidos nas instalações, incluindo resíduos equiparáveis a urbanos (RU), resíduos industriais banais (RIB), vidro, papel, cartão, plásticos, óleos, madeiras, lamas da ETAR, resíduos verdes, etc. cujo destino final pode ser deposição em aterro controlado, valorização energética, orgânica ou multimaterial.

No grupo dos resíduos perigosos, podem encontrar-se óleos, produtos químicos, lâmpadas, etc.

Os restantes resíduos (não perigosos) traduzem o facto de o processo cervejeiro serem produzidas grandes quantidades de resíduos de embalagens de vidro, de papel/cartão, plástico e madeira.

Os resíduos de vidro são gerados na etapa de enchimento, pois durante este processo muitas garrafas de vidro partem-se ou são descartadas por não apresentarem as especificações solicitadas.

Os resíduos de papel/cartão são maioritariamente produzidos uma vez mais na área do enchimento. Este resulta de embalagens de cartão defeituosas que envolvem os *packs* de garrafas de cerveja. Contudo, este tipo de resíduo pode ser produzido também nas áreas administrativas, refeitório, etc.

Tal como os resíduos de papel e cartão, os resíduos de plástico são produzidos nas zonas administrativas, refeitório e oficinas. Este tipo de material (filme retrátil) também é utilizado para envolver as paletes no enchimento.

Os resíduos de madeira são sobretudo gerados no desmantelamento de paletes defeituosas.

Para além destes, existem ainda resíduos industriais banais poderão conter resíduos orgânicos, bem como rótulos da lavagem das garrafas de tara retornável.

Atendendo aos tipos, origem e quantidades de resíduos produzidos, só foi tido em conta os resíduos de vidro devido ao facto de representarem a maior quantidade de resíduos produzidos (53%) e por este tipo de resíduo ter origem maioritariamente no processo cervejeiro.

5.1.2.3 Emissões gasosas

O processo de produção de cerveja é responsável pela libertação de vários gases, que podem contribuir em efeitos nefastos no ambiente.

Na *Tabela 11* estão discriminadas as emissões gasosas em cada área do processo cervejeiro para o ano de 2013.

Tabela 11 - Emissões de gases para cada área pertencente ao processo.

Área	Gases emitidos	Emissão (kg/ano)
Fabrico	PM10	141
Adegas	NH ₃	1 651
	COVNM	108 561
Produção de vapor	CO ₂	3 653 591
	NO _x	85 808
	SO ₂	1 568
	PM10	1 247
	COV	3 783

Os valores acima apresentados resultam de medições de emissões gasosas *in situ* ou através de estimativas.

As partículas emitidas na área do Fabrico provêm da etapa de ensilagem do malte e do griz, bem como da etapa de pesagem e moagem de malte. O seu valor resulta da média de medições efetuadas no local sendo posteriormente multiplicado pelo número de horas de funcionamento dos equipamentos no ano.

A emissão de amoníaco, corresponde a uma fuga pontual que ocorreu no ano de 2013. Este gás é utilizado para o arrefecimento de água usada no processo de fabrico de cerveja.

O valor de compostos orgânicos voláteis não metânicos resulta de uma estimativa realizada pelos operadores da Unicer. Teoricamente são libertadas 35 gramas de COVNM por hectolitro de cerveja produzida, assim e através do volume total de cerveja produzida (3 101 746 hl) foi calculado o valor acima apresentado.

As emissões gasosas provenientes da Central de Produção de Vapor, tais como o NO_x, o SO₂, o PM10 e o COV, resultam todas da combustão do gás natural e do fuelóleo.

Para a emissão de dióxido de carbono, foi realizada a estimativa de acordo com o mencionado no regime de comércio europeu de licenças de emissão de gases com efeito de estufa (CELE), criado pela Diretiva n.º 2003/87/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 2003 (Decreto-Lei n.º 38, 2013). Esta diretiva foi alterada em 2004 e 2009, sendo o Decreto-lei n.º 38/2013 a transposição para o plano nacional português mais atual. Para a monitorização das emissões de CO₂ recorre-se à seguinte expressão:

$$\text{Emissão de CO}_2 = \text{dados da atividade} \times \text{fator de emissão} \times \text{fator de oxidação} \quad (3)$$

De acordo com a equação (3) os dados da atividade dizem respeito ao combustível utilizado e ao seu consumo. Na *Tabela i* do *Anexo A* encontram-se o poder calorífico inferior e os fatores de emissão e oxidação para os combustíveis utilizados na Central de Produção de Vapor (gás natural e fuelóleo). Ao valor resultante da equação (3) foi subtraído o correspondente às

emissões evitadas pela recuperação deste gás durante o processo fermentativo da cerveja (6 456 toneladas).

Por fim, os restantes gases NO_x, SO₂, material particulado e COV foram medidos *in situ* e foi realizado o cálculo tal como para as partículas na área do Fabrico.

5.1.2.4 Efluente

A água utilizada para o fabrico de cerveja tem dois destinos diferentes, sendo um deles a incorporação no produto e outro a utilização no funcionamento dos diferentes equipamentos.

Foi considerado que a água residual proveniente das Adeias era oriunda da etapa de centrifugação e do CIP desta área. Da mesma forma, foi admitido que toda a água utilizada na área do Enchimento teria como destino final a ETAR da Unicer, bem como toda a cerveja que se perdeu neste processo. Também é contabilizado como efluente, a água desmineralizada utilizada para produção de vapor que não foi recuperada por intermédio dos condensadores.

Na *Tabela 12* estão apresentados os valores que dizem respeito à produção de águas residuais por cada área do processo cervejeiro.

Tabela 12 - Produção de efluente para cada área e etapa do processo.

Área	Etapa	Produção de efluente (hl/ano)
Adeias	11	61 463
	CIP	1 415 254
Enchimento	Todas	4 379 218
	Perda cerveja	160 832
Centrais	Vapor	44 565

De acordo com a *Tabela 12* o volume de efluente rececionado na ETAR proveniente do fabrico de cerveja foi de 6 061 332 hl.

Uma vez que a Unicer não executa análises à água residual, em cada área do processo cervejeiro, não foi possível quantificar a influência de cada área nos poluentes emitidos para esse meio. Contudo, e uma vez que foram realizadas análises ao efluente à entrada e saída da ETAR, é apresentada na *Tabela 13* a emissão de poluentes à saída da ETAR, os quais seguem para o meio hídrico (rio).

Tabela 13 - Parâmetros analisados do efluente à saída da ETAR.

Área	Poluentes/parâmetros analisados	Emissão (kg/ano)
ETAR	Fósforo	3 241
	Azoto	7 462
	Sólidos suspensos totais	16 574
	CQO	45 330
	CBO	13 791

Os parâmetros anteriormente mencionados permitem avaliar o impacto ambiental dos efluentes emitidos pela empresa.

5.2 Metodologia WBCSD

5.2.1 Indicadores de influência ambiental

Os indicadores de influência ambiental foram calculados pelo quociente entre os consumos, produções e emissões que se encontram no inventário e o volume de cerveja finalizada, em hectolitro, em 2013.

5.2.1.1 Fabrico

Para a área do Fabrico do mosto foram avaliados os indicadores ambientais, tendo em conta o consumo de água, energia elétrica e térmica. Estes encontram-se apresentados na *Tabela 14*.

Tabela 14 - Indicadores de influência ambiental para as etapas da área do Fabrico para o ano de 2013.

Etapa	Consumo		
	Água (hl/hl)	Energia elétrica (kWh/hl)	Energia térmica (MJ/hl)
1. Ensilagem			
2. Limpeza	-		-
3. Moagem			
4. Brassagem	0,25	0,28	8,99
5. Filtração do mosto	0,37		-
6. Ebulição	-		8,99
7. Clarificação			-
Total Fabrico	0,62	0,28	17,99

A etapa de filtração do mosto é aquela que consome mais água, todavia não consome energia térmica. Já a etapa da brassagem consome tanto água como energia térmica, tornando-se assim a etapa com maior impacto ambiental do fabrico do mosto.

5.2.1.2 Adeegas

Os indicadores de influência ambiental que afetam a área das Adeegas são: o consumo de água, a produção de efluente e o consumo de energia elétrica, térmica e de dióxido de carbono por volume de cerveja produzida. Os indicadores ambientais calculados são apresentados na *Tabela 15*.

Tabela 15 - Indicadores de influência ambiental para as etapas da área das Adeegas para o ano de 2013.

Etapa	Consumo	Produção	Consumo		
	Água (hl/hl)	Efluente (hl/hl)	Energia elétrica (kWh/hl)	Energia térmica (MJ/hl)	CO ₂ (kg/hl)
8. Arrefecimento do mosto				-	-
9. Fermentação, Maturação e Estabilização	-	-	0,30	1,22	0,23
10. Arrefecimento					-
11. Centrifugação	0,02	0,02			0,03
12. Arrefecimento					
13. Filtração					
14. Estabilização PVPP	-	-	0,30	-	-
15. Filtração Trap					
16. Carbonatação e acerto de extrato	0,42				0,42
17. Armazenamento TCF	-				0,23
CIP	0,46	0,46		1,22	-
Desarejamento da água	-	-	-	-	0,23
Total Adeegas	0,90	0,48	0,60	2,45	1,14

A etapa com maior consumo de água é a de limpeza dos equipamentos desta área. Este procedimento, por sua vez, é o responsável pela maior quantidade de efluentes criados e dispêndio de energia térmica. O CIP das adeegas tem de ser das etapas melhor monitorizadas e otimizadas, pois é o principal contribuidor para os impactes ambientais, como a depleção da água e dos combustíveis fósseis que estão associados à produção de energia térmica.

Em termos de consumo de dióxido de carbono por parte dos processos da Unicer, é importante ressaltar que este não tem influência no ambiente, uma vez que é inteiramente produzido por leveduras e posteriormente recuperado. Caso contrário, este teria de ser adquirido a fontes externas que poderiam produzir este gás pela queima de combustíveis fósseis, que contribui para a depleção destes mesmos recursos e emissão de maior quantidade de poluentes gasosos a montante da empresa. Esta prática não seria tão ecoeficiente porque estaríamos a incrementar o impacto ambiental, mesmo que de uma forma indireta, e a diminuir o valor do produto pois seriam maiores os custos operacionais.

5.2.1.3 Enchimento

Quanto à área do enchimento que se divide em dois tipos de vasilhame (garrafas e barris), foram avaliados os indicadores ambientais quanto ao consumo de água, energia elétrica e térmica, a produção de efluentes e resíduos de vidro (só para o caso das garrafas) e o consumo de CO₂.

Através dos consumos e produções mencionados e o volume de cerveja acondicionada em cada linha de enchimento, foram calculados os indicadores de influência ambiental que se apresentam na *Tabela 16*.

Tabela 16 - Indicadores de influência ambiental para os vários setores do Enchimento para o ano de 2013.

	Consumo	Produção	Consumo		Produção	Consumo
	Água (hl/hl)	Efluente (hl/hl)	Energia elétrica (kWh/hl)	Energia térmica (MJ/hl)	Resíduos de vidro (kg/hl)	CO ₂ (kg/hl)
Linha A	3,40	3,40	4,39	147,47	1,76	0,73
Linha 2	1,06	1,06	1,59	23,57		0,55
Linha 3	2,18	2,18	2,29	51,09		0,45
Linha 5	1,15	1,15	1,62	23,76		0,30
Linha 6	0,97	0,97	3,01	24,01		0,34
CIP	0,01	0,01	0,09	-	-	-
AQ	-	-	0,03			
Total Garrafas	1,51	1,51	2,35	39,45	1,76	0,43
Linha B TR	0,57	0,57	0,87	17,83	-	1,18
Linha B TP	0,46	0,46	2,20	18,95		1,83
CIP	0,36	0,36	-	-		-
Total Barris	0,92	0,92	1,00	17,93		1,24
Total perdas cerveja	-	0,05	-	-		-
Total Enchimento	1,41	1,46	2,13	35,95	1,76	0,56

Como é possível verificar na *Tabela 16*, a linha A de enchimento de garrafas é aquela que apresenta maiores consumos de água, de energia elétrica, de energia térmica e de dióxido de carbono, em função da quantidade de cerveja que esta linha acondicionou no ano de 2013. O facto de a empresa, ter extinguido esta linha foi uma boa estratégia uma vez que esta apresentava menor eficiência no seu processo, que se traduzia em maiores consumos.

Relativamente às linhas de enchimento de garrafas de tara perdida (linha 2 e 6), a linha 2 apresenta um maior consumo de água e CO₂, que pode ser explicado pelo facto de ter sido esse o período de arranque desta mesma linha e não se encontrar ainda completamente otimizada. Porém, a linha 6 apresenta um maior consumo de energia elétrica e térmica, o que poderá estar relacionado com a antiguidade dos equipamentos.

A linha 3 apresenta todos os consumos superiores à linha 5, que também se trata de uma linha de enchimento de garrafas de tara retornável. Este facto pode estar relacionado com o início de funcionamento desta nova linha no ano de 2013, que ainda não se encontrava totalmente otimizada.

Relativamente às linhas de enchimento de barris, a linha de tara retornável (linha B TR) foi aquele que consumiu mais água em relação ao volume de cerveja que encheu, que é explicado pelo dispêndio de água na lavagem dos barris.

Todavia, a linha de enchimento de barris de tara perdida (ACE), consome mais energia elétrica, energia térmica e dióxido de carbono em função do volume de cerveja que encheu no ano de 2013.

O consumo de CO₂ no Enchimento, tal como na área das Adeegas, não contribui para o impacte ambiental, uma vez que é recuperado pela empresa. Contudo, caso fosse utilizado azoto em substituição do dióxido de carbono, tal iria diminuir a ecoeficiência do sistema pois perder-se-ia receita para a obtenção deste gás.

Comparativamente ao setor de enchimento de garrafas e ao setor de enchimento de barris, o primeiro apresenta indicadores de influência ambiental superiores que o segundo. Este facto deve-se à maior quantidade de vasilhame que é cheio, mas que possui menor capacidade de armazenamento de cerveja, sendo portanto necessário um maior número de garrafas para perfazer o volume de um barril.

Os indicadores de influência ambiental anteriormente apresentados, levam a crer que é mais viável encher garrafas de tara perdida do que garrafas de tara retornável por os primeiros indicadores serem inferiores aos segundos. A principal diferença entre o enchimento de garrafas TP e de garrafas TR são as garrafas. Enquanto que as primeiras necessitam de serem produzidas e compradas regularmente para acondicionar um determinado volume de cerveja, as segundas são reutilizadas e caso não haja vasilhame suficiente para acondicionar o mesmo volume de cerveja torna-se necessário adquirir novas garrafas.

Extrapolando as fronteiras da empresa, foram contactados os fornecedores de garrafas de vidro de cerveja da Unicer. Através destes, foi fornecida a informação que para a produção de uma tonelada de vidro fundido era consumido 0,36 m³ de água e 5,83 MJ de energia no ano de 2013.

Através destes valores foram calculados os consumos de água e energia associados à produção das garrafas novas utilizadas na Unicer e verificou-se qual dos dois tipos de enchimento possuía uma maior influência no ambiente.

Para tal foram escolhidas as linhas 2 e 3 por serem dedicadas ao enchimento de só um tipo de vasilhame e por apresentarem o início de funcionamento no mesmo ano. Assim foi selecionado,

o período de abril de 2013 a março de 2014 para a determinação deste cálculo, uma vez que nesta data as duas linhas já se encontravam a trabalhar normalmente.

Estas duas linhas também acondicionam a cerveja em garrafas com o mesmo volume, ou seja, garrafas de 20, 25 e 33 cl. Foi calculada a média da massa das garrafas TR e TP, sendo esta 215 e 184 g, respetivamente. As garrafas TR possuem maior massa para lhe conferir maior resistência, e assim permitir a sua reutilização.

Foi admitido que a Unicer no período de referência não necessitou de adquirir garrafas novas de tara retornável, assim não se consideraram os consumos de água e energia a montante da empresa.

Através da quantidade de garrafas de tara perdida, que entraram na linha 2 para acondicionarem cerveja (219 906 471 garrafas), calculou-se o consumo de água e energia dispensada na indústria de fabrico de produtos de vidro. Na *Tabela 17* é possível verificar esses mesmos consumos.

Tabela 17 - Volume de enchimento e consumo de água e energia para a linha 2 e 3 para o período de abril de 2013 a março de 2014.

	Volume de enchimento (hl)	Consumo de água (hl/ano)		Consumo de energia (GJ/ano)	
		Unicer	Indústria garrafas	Unicer	Indústria garrafas
Linha 2	582 474	503 468	145 666	16 790	236
Linha 3	643 366	1 337 697	0	42 462	0

A partir dos dados da *Tabela 17* foi possível calcular os indicadores de influência ambiental presentes na *Tabela 18*.

Tabela 18 - Indicadores de influência ambiental para a linha 2 e 3 para o período de abril de 2013 a março de 2014.

	Consumo	
	Água (hl/hl)	Energia (MJ/hl)
Linha 2	1,11	0,29
Linha 3	2,14	0,66

Pelos indicadores ambientais utilizados, os resultados privilegiam a utilização de garrafas de tara perdida, contudo se fossem utilizados outros indicadores os resultados mais favoráveis penderiam para as garrafas de tara retornável.

Foram realizados vários estudos sobre esta temática, sendo que os resultados obtidos encontram-se de acordo com esses estudos. Segundo Mata, 2001, a garrafas de tara retornável após a segunda reutilização apresentam uma menor contribuição para o aquecimento global, acidificação terrestre, formação de oxidantes fotoquímicos e toxicidade humana do que as garrafas de tara perdida. Porém as garrafas de tara retornável ao fim de várias reutilizações

apresentam maior contribuição em impactos ambientais do que as garrafas de tara perdida, no que diz respeito à eutrofização, à depleção da camada do ozono, à produção de resíduos sólidos e ao consumo de água (Mata, et al., 2001).

5.2.1.4 ETA

Na *Tabela 19*, está discriminado o indicador ambiental calculado para a estação de tratamento de água.

Tabela 19 - Indicador de influência ambiental para o total da ETA para o ano de 2013.

	Consumo
	Energia elétrica (kWh/hl)
Total ETA	0,39

Nesta área foi apenas contabilizado o consumo de energia elétrica, não estando nenhum dos outros indicadores de influência ambiental associados a esta área.

5.2.1.5 Produção de vapor

Os indicadores de influência ambiental inerentes ao processo de produção de vapor são o consumo de água, de energia elétrica, a produção de efluentes e emissão de dióxido de carbono por volume de cerveja produzida. Estes indicadores ambientais estão apresentados na *Tabela 20*.

Tabela 20 - Indicadores de influência ambiental para o total da Central de Produção de Vapor para o ano de 2013.

	Consumo	Produção	Consumo	Emissão
	Água (hl/hl)	Efluente (hl/hl)	Energia elétrica (kWh/hl)	CO ₂ (kg/hl)
Total Produção de Vapor	0,01	0,01	0,03	1,18

Para o consumo de água foi utilizado o valor de 44 565 hl, pois este representa a água desmineralizada consumida por esta área. O volume de água desmineralizada que se perde, é posteriormente recepcionado na ETAR.

Salienta-se que esta área é a única responsável pela emissão direta de dióxido de carbono.

5.2.1.6 Global

Na *Tabela 21* é possível verificar qual a área que apresenta maiores indicadores de influência ambiental.

Tabela 21 - Indicadores de influência ambiental para o total de cada área para o ano de 2013.

Total	Consumo	Produção	Consumo		Produção	Consumo	Emissão
	Água (hl/hl)	Efluente (hl/hl)	Energia elétrica (kWh/hl)	Energia térmica (MJ/hl)	Resíduos de vidro (kg/hl)	CO ₂ (kg/hl)	
Fabrico	0,62	-	0,28	17,99	-	-	
Adegas	0,90	0,48	0,60	2,45	-	1,14	
Enchimento	1,41	1,46	2,13	35,95	1,76	0,56	
ETA	-	-	0,39				
Produção de Vapor	0,01	0,01	0,03	-	-	-	1,18
Global	2,94	1,95	3,43	56,38	1,76	1,70	1,18

Através da *Tabela 21* é possível aferir que a área do Enchimento é a que consome maior quantidade de água, energia elétrica e energia térmica. Também é esta área que está associada à maior produção de resíduos por parte de todas as instalações da empresa.

As Adegas são o segundo maior consumidor de água e energia elétrica, e o maior consumidor de dióxido de carbono. Por outro lado, a área do fabrico do mosto é a segunda maior consumidora de energia térmica.

Neste tipo de estudo, é importante monitorizar este tipo de indicadores ambientais ao longo dos anos, para traçar o perfil de evolução da empresa em termos da ecoeficiência. A *Tabela 22* resume os indicadores de influência ambiental para as diferentes áreas do processo cervejeiro para os anos de 2010, 2011, 2012 e 2013. O inventário para o cálculo destes indicadores ambientais estão presentes nas *Tabelas ii e iii* do *Anexo B*.

Tabela 22 - Indicadores de influência ambiental para o total de cada área para o ano de 2010, 2011, 2012 e 2013.

Total	Ano	Consumo	Produção	Consumo		Produção	Consumo	Emissão
		Água (hl/hl)	Efluente (hl/hl)	Energia elétrica (kWh/hl)	Energia térmica (MJ/hl)	Resíduos de vidro (kg/hl)	CO ₂ (kg/hl)	
Fabricao	2010	0,79		0,30	33,06			
	2011	0,75		0,30	27,96			
	2012	0,76	-	0,30	24,16	-	-	
	2013	0,62		0,28	17,99			
Adegas	2010	0,82	0,42	0,48	3,69		1,17	
	2011	0,88	0,46	0,56	3,05		1,07	
	2012	0,84	0,42	0,60	2,73		1,26	
	2013	0,90	0,48	0,60	2,45		1,14	
Enchimento	2010	1,32	1,33	2,13	38,19	1,83	0,70	
	2011	1,09	1,12	1,99	36,71	1,59	0,53	
	2012	0,97	1,03	2,12	37,61	1,59	0,48	
	2013	1,41	1,46	2,13	35,95	1,76	0,56	
ETA	2010			0,45				
	2011			0,47				
	2012	-	-	0,51	-	-	-	
	2013			0,39				
Produção de Vapor	2010	0,00	0,00	0,04				1,49
	2011	0,03	0,03	0,03				1,60
	2012	0,03	0,03	0,04				1,41
	2013	0,01	0,01	0,03				1,18
Global	2010	2,94	1,75	3,40	74,94	1,83	1,87	1,49
	2011	2,74	1,62	3,35	67,72	1,59	1,60	1,60
	2012	2,60	1,47	3,58	64,50	1,59	1,73	1,41
	2013	2,94	1,95	3,43	56,38	1,76	1,70	1,18

É possível verificar que os indicadores que relacionam o consumo de água, de energia elétrica e energia térmica com o volume de cerveja produzida na área do Fabricao do mosto tem diminuído ao longo dos anos.

Na área das Adegas, o indicador do consumo de água tem sofrido variações ao longo dos anos. Este sofreu acréscimos e diminuições, mas verificou-se em 2013 o seu maior valor. Pela sua relação com o consumo de água, verificou-se o mesmo para a produção de efluentes. O indicador que relaciona o consumo de energia elétrica com o volume de cerveja produzido tem aumentado ao longo dos anos. Este pode estar influenciado pelo investimento que se tem verificado nesta área em automatizar o processo. Nesta área tem-se verificado a diminuição ao longo dos anos do indicador do consumo de energia térmica, assim como do consumo de CO₂.

De 2010 a 2012, verificou-se uma diminuição do indicador ambiental de consumo de água na área do enchimento. Contudo em 2013 este indicador aumentou, fruto da nova reestruturação da empresa. O indicador que apresenta o quociente entre o consumo de energia elétrica e o volume de cerveja produzido manteve-se ligeiramente constante ao longo dos quatro anos para a área do Enchimento. Entre 2010 e 2013, os indicadores de influência ambiental de consumo de energia térmica, produção de resíduos e de consumo de dióxido de carbono, diminuíram para a área do enchimento.

Na ETA, o consumo de energia elétrica por quantidade de cerveja produzida aumentou de 2010 a 2012, devido à diminuição da quantidade de cerveja produzida. Pelo aumento da quantidade de cerveja produzida para o ano de 2013, a empresa conseguiu minimizar o indicador do consumo de energia elétrica para esta área.

Na Central de Produção de Vapor verificou-se um decréscimo do indicador de consumo de água, ao longo dos anos analisados, uma vez que se assistiu a uma redução da utilização de água desmineralizada e também a um aumento da recuperação desta água nos condensadores. O mesmo se repete para a produção de efluentes por parte desta área. O indicador ambiental que relaciona o consumo de energia elétrica com o volume de cerveja produzida para produção de vapor, manteve-se ligeiramente constante ao longo dos quatro anos em análise. Verificou-se também, que o indicador onde intervém a emissão de dióxido de carbono teve um decaimento, devido à mudança de combustível (fuelóleo para gás natural) e ao aumento do volume de cerveja produzida.

Globalmente, a empresa assistiu a uma redução do indicador do consumo de água de 2010 a 2012. Contudo em 2013 este valor voltou a igualar o obtido em 2010, devido à reestruturação do centro de produção de Leça do Balio. Pela sua dependência, a produção de efluentes obtiveram a mesma tendência que para o consumo de água. Verificou-se que entre 2010 e 2011, o indicador ambiental entre o consumo de energia elétrica e o volume de cerveja produzida diminuiu, mas em 2012 aumentou o seu valor devido à diminuição da quantidade de produto fabricado. Em 2013, assistiu-se a uma diminuição deste indicador. Para o indicador de influência ambiental que relaciona o consumo de energia térmica com a quantidade de cerveja produzida, no geral verificou-se à diminuição deste indicador. A quantidade de resíduos de vidro produzidos em função do volume de cerveja acondicionada em vasilhame, diminuiu entre 2010 e 2012, tendo-se verificado para 2013 um aumento deste indicador devido aos rearranjos e afinações nas novas linhas de enchimento de garrafas. Também se verificou no geral, a uma diminuição do indicador do consumo e emissão de dióxido de carbono por volume de cerveja produzido.

Uma análise comparativa permite averiguar se os resultados obtidos pela empresa, estão concordantes com os verificados para outras empresas do mesmo setor. Na *Tabela 23* estão

apresentados os indicadores ambientais para algumas empresas do setor cervejeiro. Estes dados têm como fonte de informação os relatórios de sustentabilidade publicados por estas empresas.

Tabela 23 - Indicadores de influência ambiental para diferentes produtores de bebidas para o ano de 2012 e 2013.

Grupo	Consumo		Produção		Consumo		Consumo		Consumo		Emissão	
	Água (hl/hl)		Efluente (hl/hl)		Energia elétrica (kWh/hl)		Energia térmica (MJ/hl)		Energia total (MJ/hl)		CO ₂ (kg/hl)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Unicer Leça produção ⁽¹⁾	2,6	2,9	1,5	2,0	3,6	3,4	64,5	56,4	78	56	1,4	1,2
Unicer Leça instalação ⁽²⁾	3,4	3,3	2,7	2,1	9,2	8,1	81,0	73,6	114	74	9,9	8,1
Grupo Unicer ⁽³⁾	3,1	3,1	2,0	1,7	7,9	7,5	55,7	53,2	84	53	7,2	6,4
Carlsberg	3,3	3,3	-	-	8,1	8,0	75,6	72,0	105	72	7,3	7,1
Heineken	4,2	4,1	-	-	8,4	8,4	77,1	72,8	107	73	8,4	7,7
SABMiller	4,0	3,7	-	-	-	-	-	-	138	127	12,4	11,1
AB InBev	3,5	-	-	-	-	-	-	-	118	-	8,9	-

Nota: ⁽¹⁾ diz respeito às fronteiras do sistema selecionas, ou seja, à área produtiva das instalações industriais de Leça do Balio calculados no âmbito deste trabalho; ⁽²⁾ representa todas as instalações da empresa à exceção da ETAR; ⁽³⁾ diz respeito a todo o grupo Unicer desde a produção de cerveja a engarrafamento de água para todas as instalações à exceção das ETAR's.

Comparando todas as instalações de Leça do Balio para apenas aquelas a que está associado o processo cervejeiro, verifica-se que o consumo de água e produção de efluente está maioritariamente associado à produção de cerveja.

Relativamente ao indicador ambiental do consumo de energia elétrica, é possível verificar que este também é deveras utilizado em outras instalações fora das fronteiras do sistema. O mesmo acontece para o indicador do consumo de energia térmica por volume de cerveja produzida.

Para a emissão de CO₂, o conjunto de todas as instalações industriais de Leça do Balio apresentam um valor muito superior ao afeto ao processo produtivo. Este deve-se ao facto de, os valores apresentados para o conjunto das instalações obedecerem às diretrizes definidas para a publicação de relatórios de sustentabilidade de acordo com o *Global Reporting Initiative* (GRI). Este sugere que sejam apresentadas as emissões diretas e indiretas dos gases com efeito de estufa associadas à empresa. Assim para as emissões indiretas, é convertido o consumo de energia elétrica em emissão de dióxido de carbono, por exemplo. Através de uma fatura energética, e sabendo o fornecedor da energia é possível quantificar a emissão de CO₂. Para o caso da Unicer de Leça do Balio, considera-se que para a produção de 1 kWh de energia elétrica foi emitido 393,6 gramas de CO₂ (Endesa, 2014).

O grupo Unicer apresenta indicadores ambientais inferiores ao das instalações de Leça do Balio, isto porque um maior número de instalações industriais permite um efeito de diluição derivado das outras atividades menos exigentes em termos de consumo de recursos. De todo o volume de bebidas produzidas pelo grupo Unicer em 2012, 65% foram cervejas, 6% foram sumos, refrigerantes e vinho e 29% foram águas. Para 2013 as percentagens foram, 65%, 7% e 28%, para as cervejas, sumos, refrigerantes e vinho e águas, respetivamente.

As instalações de engarrafamento de águas são aquelas que apresentam menores consumos e emissões, seguidamente pelas dos sumos e refrigerantes e por fim a das cervejas, como verificado em informações da empresa. Assim é de esperar que os indicadores ambientais apresentados para o grupo Unicer sejam melhores que os apresentados apenas para as instalações de Leça do Balio que se dedicam inteiramente à produção de cerveja.

Os restantes grupos cervejeiros, Carlsberg, Heineken, SABMiller e Anheuser-Busch InBev apresentaram os seus indicadores ambientais de acordo com o sugerido pelo GRI e sendo assim torna-se possível a comparação entre estas empresas.

O grupo Carlsberg onde se insere o Centro de Produção de Leça do Balio é responsável pela produção de cerveja e de refrigerantes. A percentagem de cerveja produzida em função do volume de bebidas fabricada para o ano de 2012 e 2013 foi de 89% e os restantes 11% dizem respeito à produção de refrigerantes.

A Carlsberg publica entre os seus parceiros económicos um conjunto de indicadores ambientais que permite identificar a posição de cada instalação na minimização dos consumos de água, energia elétrica e energia térmica. Na *Tabela 24* é possível verificar o lugar que ocupou o centro de produção de Leça do Balio para o período de maio de 2014.

Tabela 24 - Posição da Unicer de Leça do Balio no *ranking* da Carlsberg para os indicadores de influência ambiental para maio de 2014.

Indicador ambiental	Todas instalações	Instalações de produção só de cerveja
Consumo de água	17/54	8/38
Consumo de energia elétrica	8/54	4/38
Consumo de energia térmica	25/54	13/38

Salienta-se que os produtores de refrigerantes ou produtores simultâneos de cerveja e refrigerantes, apresentam melhores resultados do que aqueles que produzem só cerveja.

A Heineken é igualmente produtora de cervejas, refrigerantes e águas. Para o ano de 2012 a produção foi de 90%, 8% e 2% para a cerveja, refrigerantes e águas respetivamente e para 2013 foi de 91%, 7% e 2%.

A SABMiller é produtora de cervejas e refrigerantes, mas não foi possível averiguar a composição da produção das suas bebidas através dos seus relatórios de sustentabilidade. O mesmo se

passou para a Anheuser-Busch InBev que é produtora de cerveja, refrigerantes e águas. Estes dois grupos são os maiores produtores mundiais de cerveja, portanto é provável que a produção de cerveja face às bebidas produzidas por estes grupos ronde os 90%, tal como para a Carlsberg e para a Heineken. Assim, é possível afirmar que a Carlsberg apresenta os melhores indicadores ambientais, sendo o Centro de Produção de Leça do Balio um dos melhores promotores da ecoeficiência.

5.2.2 Indicador de valor do produto

Na medida em que a vertente económica da empresa tem um cariz confidencial, não foram fornecidas informações acerca das vendas, dos custos com matérias primas ou mercadorias, pessoal (salários), serviços externos, custos gerais de produção e amortização do imobilizado. Em contrapartida, foi cedido o valor do “Resultado Operacional” para todo o grupo Unicer (cervejas, águas, vinhos, sumos e refrigerantes), uma vez que este é disponibilizado para consulta pública no Relatório de Sustentabilidade da empresa.

O resultado operacional é o resultado gerado pela atividade principal da empresa sendo apurado pela diferença entre os Proveitos Operacionais (vendas, prestação de serviços, outros proveitos operacionais) e os Custos Operacionais (compra de mercadorias e matérias primas, salários e encargos, custos gerais de produção e amortização do imobilizado).

Tendo em conta o volume de enchimento de cerveja para o ano de 2013, e o volume de enchimento das restantes bebidas produzidas pelo grupo para o mesmo período temporal, chegou-se à conclusão que 65% de toda a bebida produzida pelo grupo Unicer - Bebidas de Portugal, SGPS, S.A., era cerveja proveniente de Leça do Balio.

Na *Tabela 25* é possível verificar o valor do resultado operacional para o ano de 2013 do grupo Unicer e o valor calculado para o Centro de Produção de Leça do Balio.

Tabela 25 - Resultado operacional de 2013 para o grupo Unicer e Unicer Leça do Balio (cervejas).

Resultado Operacional (€/ano)	
Unicer - Bebidas de Portugal, SGPS, S.A.	Unicer - Leça do Balio (cervejas)
52 000 000	33 800 000

O indicador de valor do produto foi calculado pelo quociente entre o resultado operacional e o volume de cerveja produzida em 2013, sendo este o numerador da equação (1).

5.2.3 Rácios de ecoeficiência

Os diferentes rácios de ecoeficiência foram calculados através dos indicadores de influência ambiental selecionados, tais como o consumo de água, a produção de efluente, o consumo de

energia elétrica e térmica, a produção de resíduos de vidro e o consumo e emissão de dióxido de carbono e o indicador do valor do produto.

Na *Tabela 26* estão presentes os rácios de ecoeficiência para todas as áreas que pertencem às fronteiras do sistema.

Tabela 26 - Rácios de ecoeficiência para o total de cada área para o ano de 2013.

Total	Consumo	Produção	Consumo		Produção	Consumo	Emissão
	Água (€/hl)	Efluente (€/hl)	Energia elétrica (€/kWh)	Energia térmica (€/MJ)	Resíduos de vidro (€/kg)	CO ₂ (€/kg)	
Fabrico	18	-	39	0,6	-	-	-
Adegas	12	23	18	4	-	10	
Enchimento	8	7	5	0,3	6	19	
ETA	-	-	28				9
Produção de Vapor	1090	1090	363	-	-	-	
Global	4	6	3	0,2	6	6	

Neste estudo foi dada mais relevância aos indicadores de influência ambiental, do que aos rácios de ecoeficiência propriamente ditos, para comparação entre empresas do setor cervejeiro, devido essencialmente ao indicador de valor do produto.

O volume de cerveja produzido dá uma perspetiva mais realista do que foi fabricado na empresa, ao contrário do valor económico (resultado operacional). O valor económico do produto sofre variações em função da quantidade que é produzida, mas também é influenciado pelo preço de venda.

Por exemplo, a empresa A pode possuir um valor económico do produto superior à empresa B e ao mesmo tempo produzir numa quantidade inferior o mesmo produto. Isto porque a empresa A pode praticar preços de venda do produto superiores à empresa B. Este procedimento não vai de encontro à filosofia da ecoeficiência, que se baseia em produzir mais por um menor impacte ambiental.

5.3 Metodologia EcoWater

Esta metodologia apresentou limitações uma vez que vez que, seriam necessárias informações acerca dos custos da compra de matérias primas, custos de operação, bem como a receita das vendas do produto para introduzir estes valores no *software* EVAT. Assim este programa não foi possível calcular a cadeia de valor do produto.

Segundo esta metodologia foi realizado uma análise comparativa (*subcapítulo 5.3.4*) entre a utilização de fuelóleo e gás natural para a produção de vapor. Desta forma, foi possível verificar se a empresa incrementou a sua ecoeficiência com a substituição de fuelóleo por gás natural.

5.3.1 Avaliação do impacte ambiental

Através dos fatores de caracterização apresentados na *Tabela iv* do *Anexo C* e das emissões ou consumos de recursos foi possível calcular o indicador para cada categoria de impacte ambiental pela equação (2) anteriormente mencionada.

Os resultados para cada indicador de categoria de impacte ambiental em cada área do processo de produção de cerveja na Unicer estão apresentados na *Tabela v* do *Anexo C*.

Salienta-se que foi incorporado nesta avaliação a área da ETAR para superar a limitação de não se saber a contribuição das restantes áreas das fronteiras do sistema no que respeita às emissões para a água. Contudo, não foram considerados os processos da ETAR.

Nas *Figuras 12 a 18*, é possível visualizar a contribuição de cada área do processo produtivo para as categorias de impacte ambiental selecionadas.

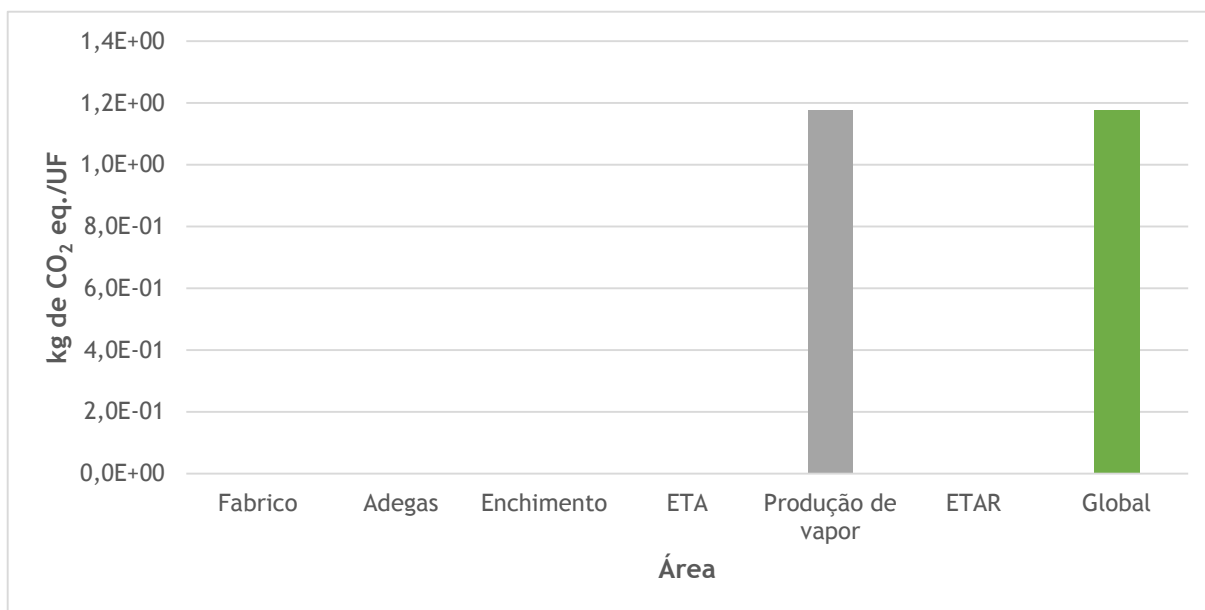


Figura 12 - Indicador de impacte das alterações climáticas para cada área do processo produtivo da Unicer.

Na *Figura 12* é possível verificar que a Central de Produção de Vapor é a principal responsável pelo indicador das alterações climáticas, tendo em consideração as fronteiras da Unicer. Isto deve-se ao facto de nesta área haver combustões de gás natural e fuelóleo, que por sua vez emitem dióxido de carbono para a atmosfera.

É de ressaltar que, o único parâmetro quantificado na Unicer que tem influência nesta categoria de impacto foi o CO₂.

Apesar de nas Adeegas, mais propriamente na etapa da fermentação, ser emitido dióxido de carbono, este não foi contabilizado uma vez que se considerada as emissões provenientes da biomassa (leveduras) nulas.

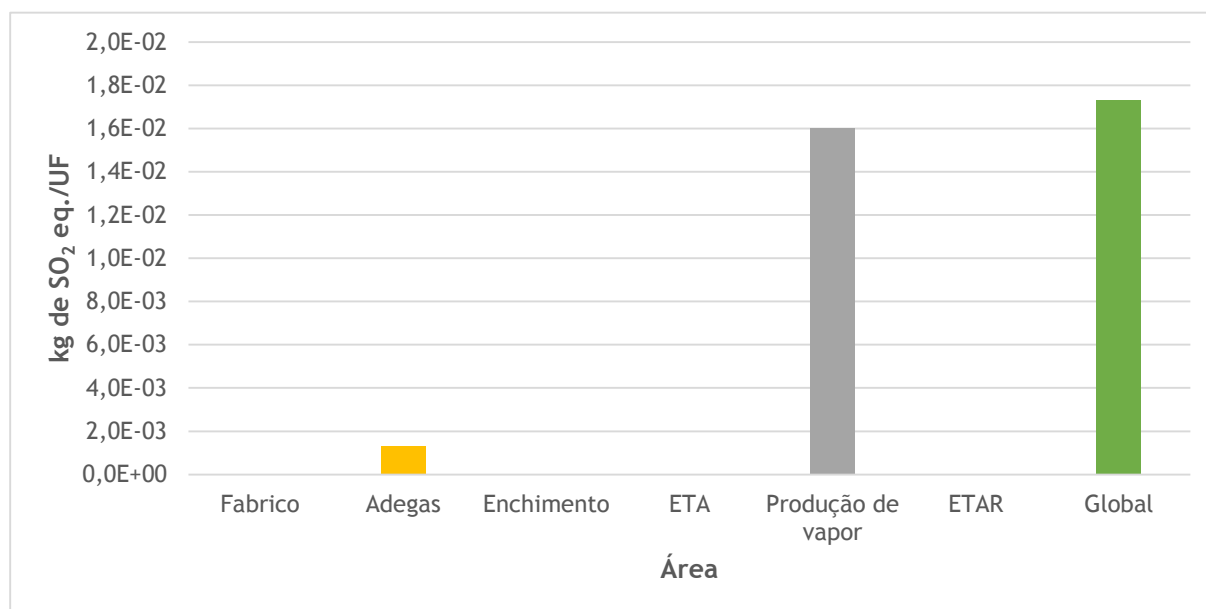


Figura 13 - Indicador de impacto da acidificação terrestre para cada área do processo produtivo da Unicer.

Relativamente ao indicador de impacto de acidificação terrestre (*Figura 13*), é a Central de Produção de Vapor que tem maior contribuição para esta categoria de impacto selecionada. Esta categoria de impacto foi calculada através da quantificação de NO_x, SO₂ e NH₃ emitidos pela Unicer.

De acordo com a *Figura 13* é possível verificar que a contribuição para esta categoria de impacto ambiental proveniente da Central de Produção de Vapor deve-se maioritariamente às emissões dos gases NO_x e SO₂ que estão associados à combustão de gás natural e fuelóleo nesta área.

Salienta-se também que o NH₃ associado ao arrefecimento da água, pode constituir numa emissão pontual do processo. A utilização de água arrefecida ocorre principalmente nas Adeegas na etapa de arrefecimento do mosto, portanto a fuga de amoníaco está associada ao consumo de água arrefecida por esta área.



Figura 14 - Indicador de impacte da eutrofização para cada área do processo produtivo da Unicer.

Pelo facto de não ter sido possível quantificar a concentração de azoto, fósforo e CQO nos efluentes provenientes das diferentes áreas da empresa, utilizaram-se os valores da concentração destes compostos no efluente da ETAR. Tornando-se desta forma, a área da ETAR a que possui maior indicador de impacte de eutrofização da água, pois está relacionada com a receção dos efluentes provenientes do processo cervejeiro (*Figura 14*).

A presença de fósforo na água residual do processo cervejeiro está relacionado com a utilização dos agentes de limpeza (The Brewers of Europe, 2012). Devido a este facto, seria de esperar que a área das Adegas e do Enchimento possuíssem um maior indicador de impacte de eutrofização.

O azoto presente na água residual do processo cervejeiro, provém do malte, e adjuvantes. Os agentes de limpeza também podem contribuir para o teor de azoto total. A concentração de azoto total presente na água residual depende da proporção de água, da quantidade de levedura descarregada e dos agentes de limpeza utilizados (The Brewers of Europe, 2012).

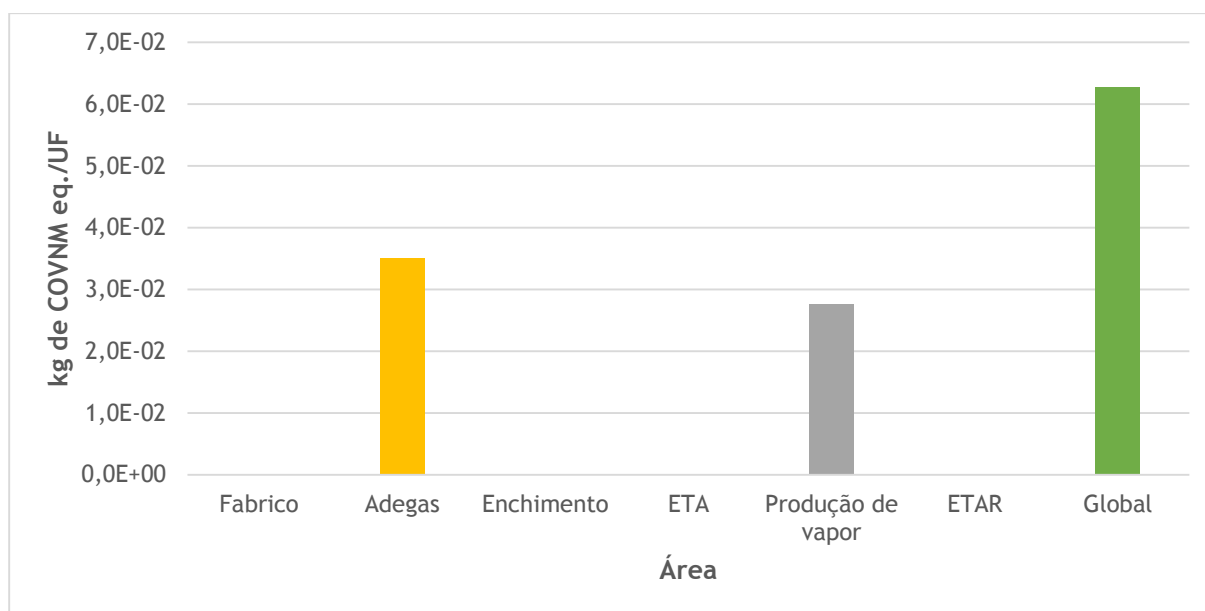


Figura 15 - Indicador de impacto de formação de oxidantes fotoquímicos para cada área do processo produtivo da Unicer.

Através da *Figura 15* é possível apurar que a área das Adegas é a responsável pela maior percentagem de formação de oxidantes fotoquímicos por parte da empresa.

Os gases emitidos pela Unicer responsáveis por este impacto ambiental são os compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM) e os óxidos de azoto (NO_x).

O NO_x está associado à emissão direta por parte dos combustíveis. Por outro lado, os COVNM são produzidos durante a etapa de fermentação da cerveja (Passant, et al., 1993).

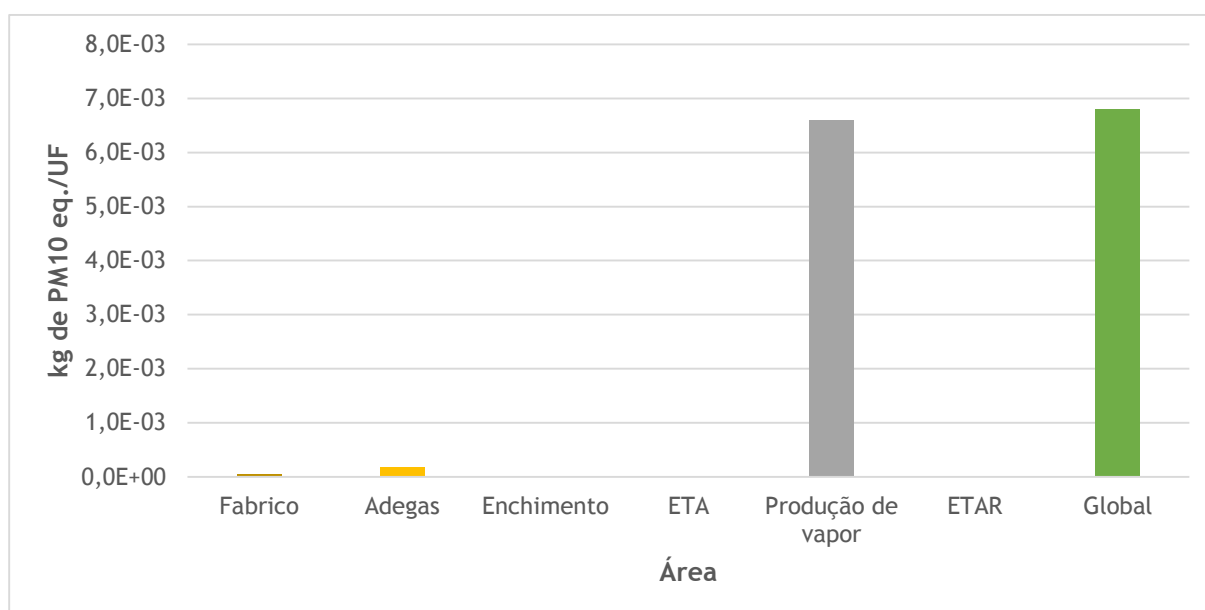


Figura 16 - Indicador de impacto de formação de material particulado para cada área do processo produtivo da Unicer.

Quanto ao impacto de formação de material particulado, é possível aferir através da *Figura 16* que a Central de Produção de Vapor é a que apresenta maior impacto nesta categoria.

Os parâmetros que quantificam esta categoria são as emissões de partículas, de NO_x , SO_2 e NH_3 . A emissão de partículas está presente na ensilagem do malte e griz, bem como no processo de pesagem e moagem de malte. Este tipo de emissões também ocorrem durante a combustão do fuelóleo e gás natural nas caldeiras e no motor de cogeração para a produção de vapor.

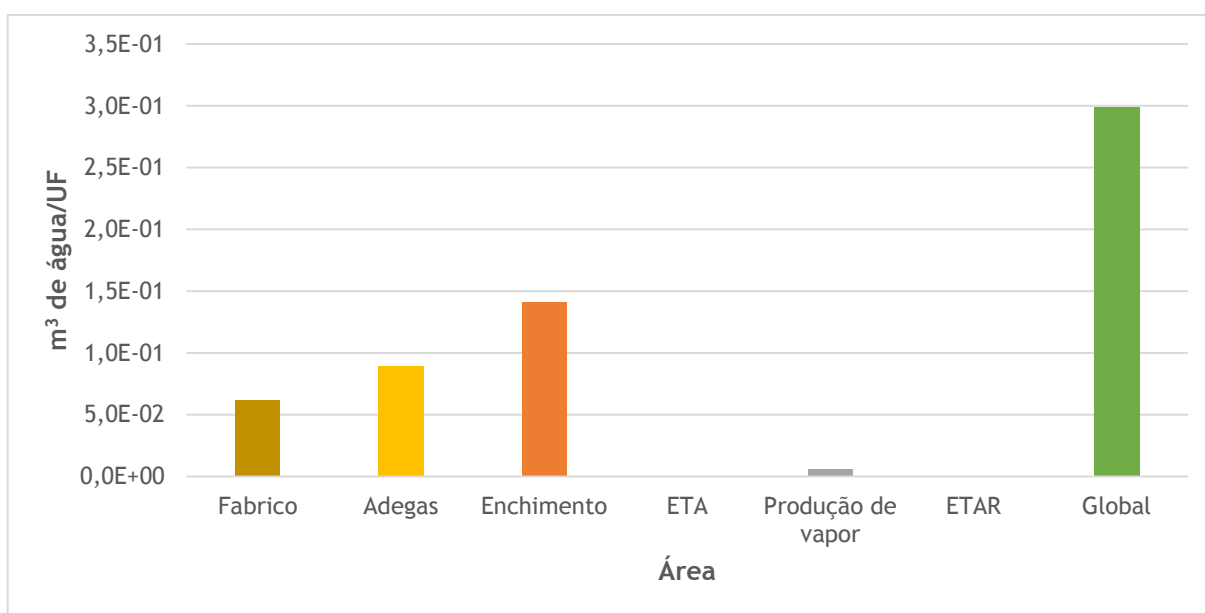


Figura 17 - Indicador de impacto de depleção da água para cada área do processo produtivo da Unicer.

O indicador de depleção da água está relacionado com a extração e consumo desta. Conforme se pode verificar na *Figura 17*, a etapa de Enchimento da cerveja é a etapa que mais contribui para a depleção da água. Este facto deve-se à elevada quantidade de água que é consumida na lavagem de vasilhame e no CIP dos equipamentos.

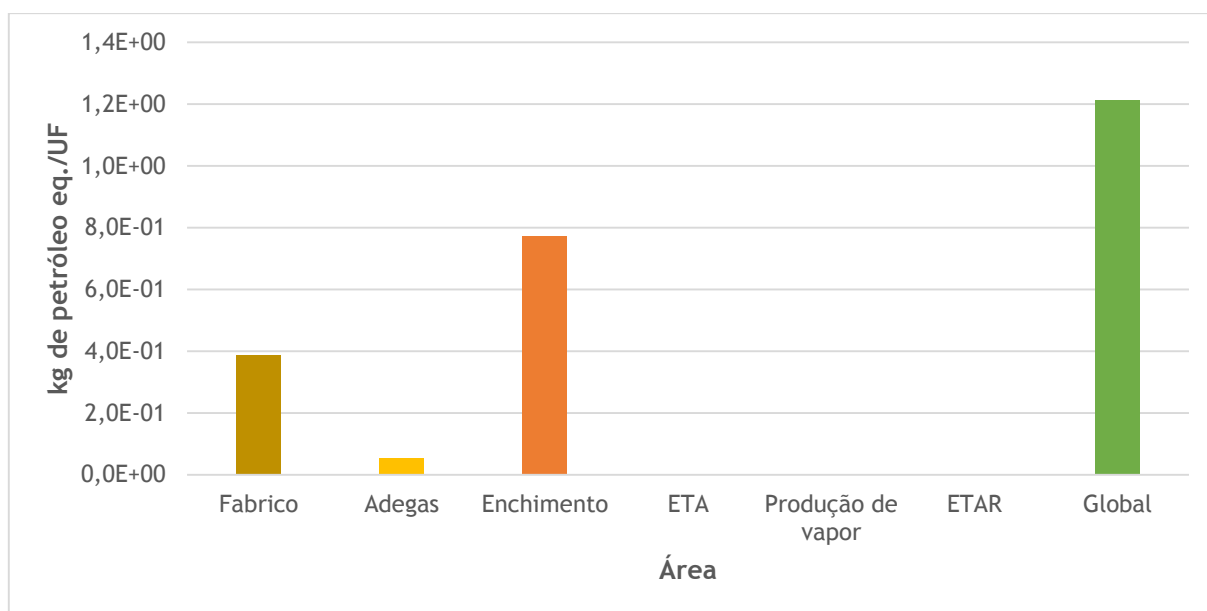


Figura 18 - Indicador de impacte de depleção de combustíveis fósseis para cada área do processo produtivo da Unicer.

Relativamente indicador de depleção dos combustíveis fósseis (*Figura 18*), é a área de Enchimento de vasilhame que contribui para este impacte ambiental. Isto resume-se pelo facto de ser consumida nesta zona uma maior quantidade de energia térmica, que é produzida através dos combustíveis fósseis.

Para a quantificação desta categoria de impacte, foi tido em conta a utilização de energia proveniente do gás natural e do fuelóleo. Assim, e sabendo a quantidade destes combustíveis utilizados no ano de 2013 e o seu poder calorífico inferior (PCI), foi calculada a energia calorífica proveniente do gás natural e do fuelóleo, segundo a equação (4).

$$\text{Energia calorífica} = \text{Consumo do combustível} \times \text{PCI} \quad (4)$$

Aos consumos de energia térmica em cada área foi multiplicada pela percentagem de energia calorífica que tinha como origem o gás natural (99%) e a que era proveniente do fuelóleo (1%) para o ano de 2013.

5.3.2 Avaliação económica

Como anteriormente referido, não foi possível utilizar o *software* EVAT. Portanto foi utilizada a mesma estimativa calculada que para a metodologia do WBCSD.

Tal como para o indicador de valor do produto, na metodologia do WBCSD, foi utilizada uma estimativa do “resultado operacional” da empresa. Assim, e subtraindo este pelo volume de cerveja produzida obteve-se o valor de 10,9 €/hl, sendo este o valor utilizado no numerador da equação (1).

5.3.3 Avaliação da ecoeficiência

Os indicadores de ecoeficiência são definidos como a relação entre o desempenho económico com o desempenho ambiental da empresa, de acordo com a equação (1). A *Tabela 27* apresenta os indicadores de ecoeficiência, correspondentes às doze categorias de impacto ambiental seleccionadas.

Tabela 27 - Indicadores de ecoeficiência.

Receita proveniente da venda de cerveja por:	Unidade	Avaliação da ecoeficiência
Alterações climáticas	€/kg CO ₂ eq.	9
Acidificação terrestre	€/kg SO ₂ eq.	630
Eutrofização	€/kg PO ₄ ³⁻ eq.	2 406
Formação de oxidantes fotoquímicos	€/kg COVNM eq.	174
Formação de material particulado	€/kg PM10 eq.	1 601
Depleção da água	€/m ³ água	36
Depleção dos combustíveis fósseis	€/kg petróleo eq.	9

Por forma a maximizar o indicador de ecoeficiência, será necessário amplificar o valor do produto e minimizar os impactos ambientais. Tal poderá ser obtido, reduzindo as perdas de cerveja (produto) que ocorrem durante o processo de fabrico e a redução do consumo de energia elétrica, água e combustíveis fósseis, sendo estes os fatores associados às categorias de impacto com maior magnitude.

Uma vez que não foi possível utilizar o *software* EVAT, este impediu o funcionamento da aplicação *EcoWater Toolbox* para calcular os indicadores de ecoeficiência.

5.3.4 Análise adicional

De modo a promover a ecoeficiência, a Unicer já implementou diversas medidas de forma a minimizar o seu impacto ambiental. Uma das medidas implementadas, foi realizada em 2013, com a substituição do combustível utilizado para a produção de vapor. Anteriormente a essa data, era utilizado fuelóleo no processo de produção de energia térmica (vapor), sendo que no final do ano de 2012 foi incorporado gás natural para suprimir essa necessidade.

Devido a este facto, será analisada a ecoeficiência por forma a verificar se a mudança de combustível contribuiu para o incremento deste indicador de sustentabilidade.

Por forma a avaliar e comparar a ecoeficiência destas duas situações distintas, foi necessário delimitar as fronteiras do estudo, de forma a contabilizar apenas os intervenientes deste processo. Assim, será quantificado na Central de Produção de Vapor as entradas de combustíveis (fuelóleo e gás natural) e emissões de gases, como apresentado na *Figura 19*.

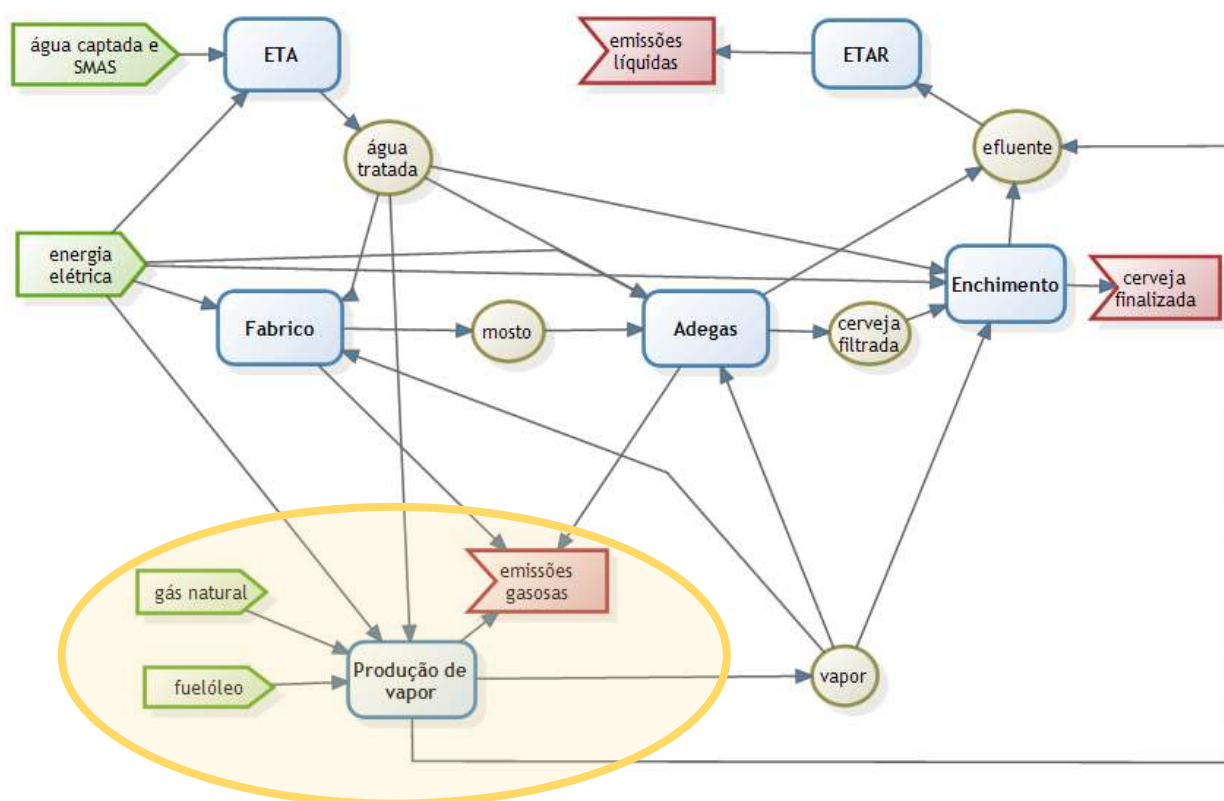


Figura 19 - Sub-fronteira do sistema extraído do software *Systemic Environmental Analysis Tool* (SEAT).

Para analisar a ecoeficiência da mudança de combustíveis, foi necessário, para além de estabelecer novas fronteiras do estudo, seleccionar o período de tempo em que se verificaram essas mudanças.

Em 2011 foi utilizado apenas fuelóleo para a produção de vapor, em 2012 foi um período de transição em que foi utilizado os dois tipos de combustíveis e em 2013 foi utilizado gás natural quase na totalidade, havendo um consumo vestigial de fuelóleo.

Utilizando a informação do poder calorífico dos dois combustíveis, chegou-se à conclusão que para 2012 de toda a energia térmica fornecida ao sistema, 90% da energia era proveniente da combustão do fuelóleo e os restantes 10% teve origem na combustão de gás natural, de acordo com a equação (4). Já para 2013, 99% da energia térmica era proveniente da combustão de gás natural e a restante do fuelóleo, como referido anteriormente.

Sendo assim, foram estudadas as entradas de combustíveis fósseis e emissões gasosas na Central de Produção de Vapor para o ano de 2011, 2012 e 2013.

Na *Tabela 28* é possível verificar os consumos de fuelóleo e gás natural, bem como as emissões de CO₂, NO_x, SO₂ e partículas para 2011, 2012 e 2013.

Tabela 28 - Consumo de combustíveis fósseis e emissões gasosas para o ano de 2011, 2012 e 2013.

		Ano	2011	2012	2013
Unidade funcional (UF)		hl/ano	2 748 121	2 648 164	3 101 746
Consumo de combustíveis fósseis	Fuelóleo	kg/ano	4 627 986	3 838 644	26 735
		kg/hl	1,68	1,45	0,01
	Gás natural	Nm ³ /ano	-	432 814	4 670 592
		Nm ³ /hl	-	0,16	1,51
	CO ₂	kg/ano	4 388 444	3 724 043	3 653 591
		kg/hl	1,66E-00	1,41E-00	1,18E-00
Emissões gasosas	NO _x	kg/ano	115 614	71 050	85 808
		kg/hl	4,37E-02	2,68E-02	2,77E-02
	SO ₂	kg/ano	123 697	71 900	1 568
		kg/hl	4,67E-02	2,72E-02	5,06E-04
	Partículas	kg/ano	3 357	1 657	1 247
		kg/hl	1,27E-03	6,26E-04	4,02E-04

É de salientar que foram utilizados os dados do inventário em função da unidade funcional, ou seja, divididos pela quantidade de produto produzido em cada ano.

Através do inventário, presente na *Tabela 28*, procedeu-se ao cálculo dos indicadores de impacto ambiental de acordo com a equação (2). Foi assumido, que o consumo de água na Central de Produção de Vapor para o ano de 2011 e 2012 era exatamente igual ao de 2013, pois só se está a avaliar a mudança de combustíveis.

Tendo em conta, todos os princípios assumidos as categorias de impacto ambiental consideradas relevantes para a análise foram as alterações climáticas, a acidificação terrestre, a formação de oxidantes fotoquímicos e a formação de material particulado.

Os resultados para cada indicador de categoria de impacto ambiental na Central de Produção de Vapor para os anos de 2011, 2012 e 2013 estão apresentados na *Tabela vi* do *Anexo C*.

Nas seguintes figuras, é possível visualizar o contributo da mudança de combustíveis tendo em consideração as suas emissões de gases e as categorias de impacto selecionadas.

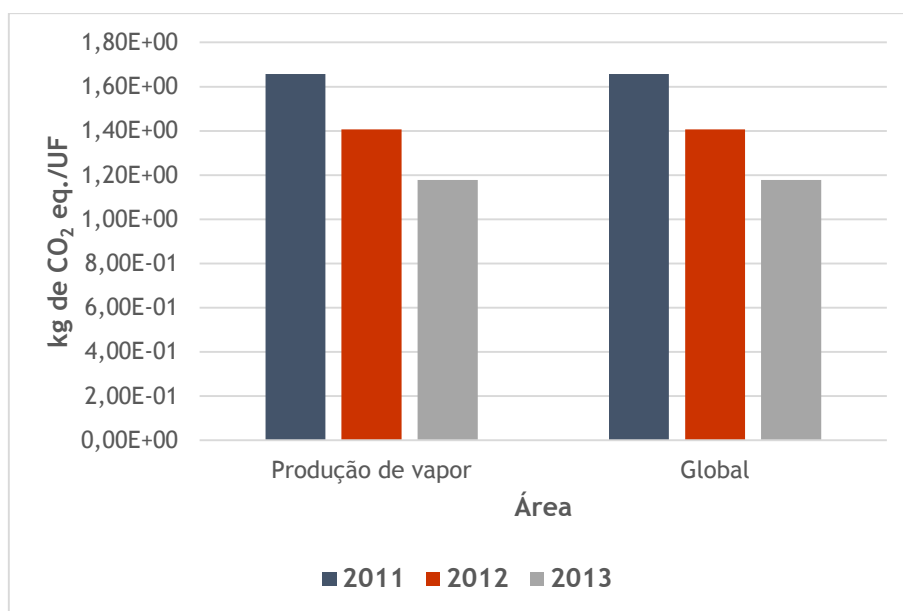


Figura 20 - Indicador de impacto das alterações climáticas para a Central de Produção de Vapor para o ano de 2011, 2012 e 2013.

Na *Figura 20* é possível constatar que a mudança de combustível, de fuelóleo para gás natural, fez minimizar a emissão de CO₂ levando desta forma a uma diminuição do indicador de impacto das alterações das alterações climáticas desde 2011 a 2013.

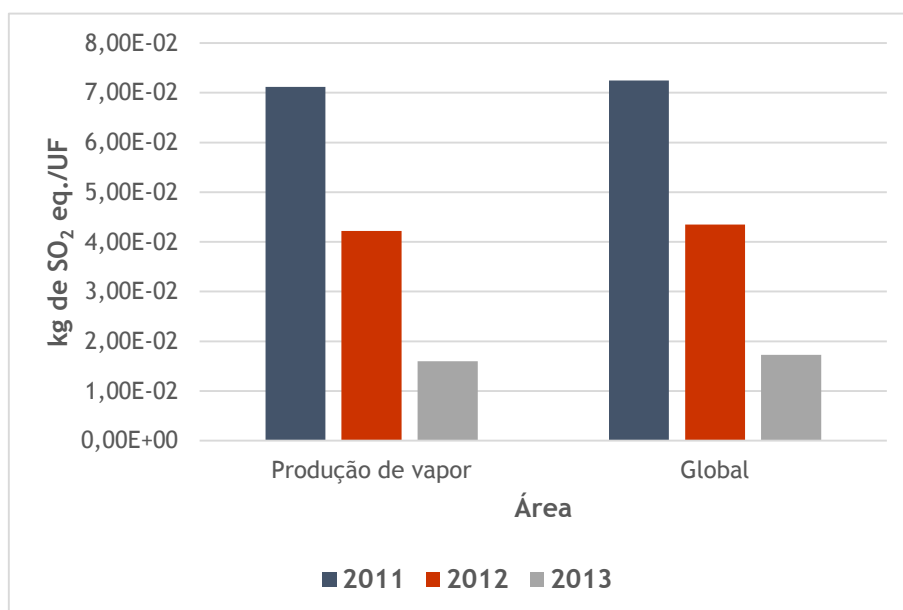


Figura 21 - Indicador de impacto da acidificação terrestre para a Central de Produção de Vapor para o ano de 2011, 2012 e 2013.

Pela visualização da *Figura 21*, é exequível aferir que o indicador de impacto da acidificação terrestre ao longo dos anos sofreu um decréscimo significativo, uma vez que as emissões de NO_x e SO₂ diminuíram também com a substituição do combustível utilizado para a produção de vapor.

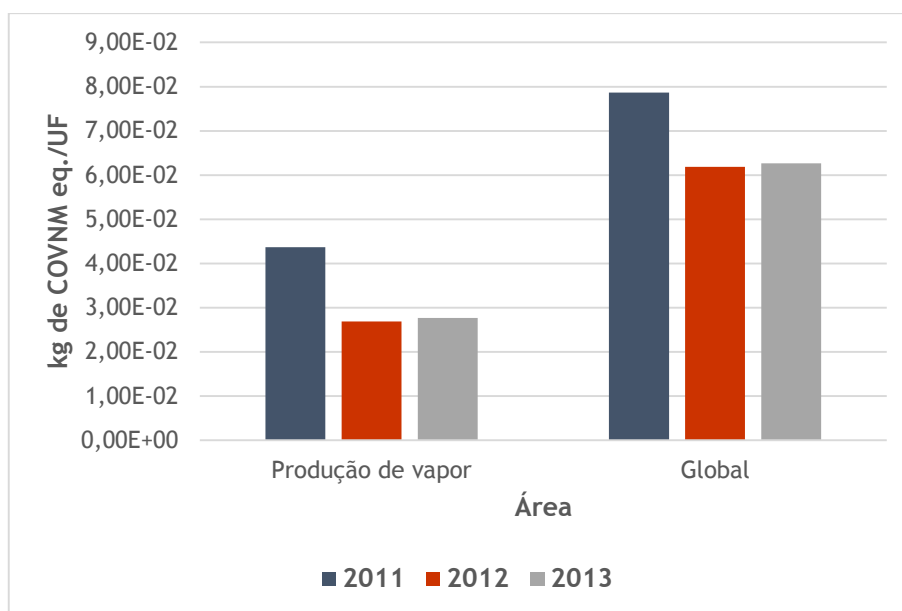


Figura 22 - Indicador de impacto de formação de oxidantes fotoquímicos para a Central de Produção de Vapor para o ano de 2011, 2012 e 2013.

Também se verificou, uma diminuição do indicador de impacto de formação de oxidantes fotoquímicos entre 2011 e 2013, como apresentado na *Figura 22*. Contudo as emissões de NO_x aumentaram ligeiramente em 2013 face a 2012, o que levou a um aumento deste indicador de impacto.

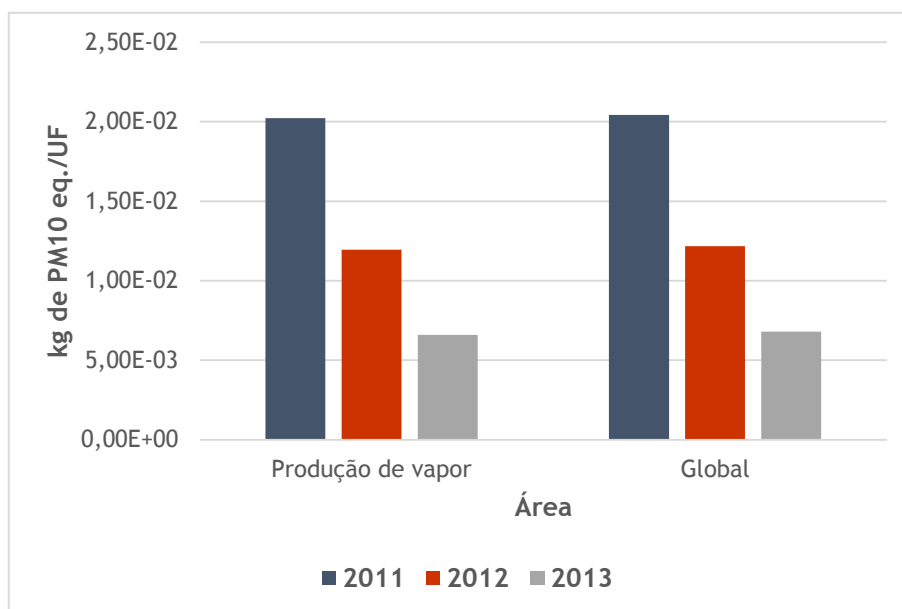


Figura 23 - Indicador de impacto de formação de material particulado para a Central de Produção de Vapor para o ano de 2011, 2012 e 2013.

Relativamente ao indicador de impacto de formação de material particulado, é de salientar que mais uma vez, se verificou o decréscimo do indicador em virtude da alteração de

combustível (*Figura 23*). Este deve-se ao facto de se ter verificado a diminuição das emissões de NO_x, SO₂ e partículas de 2011 a 2013.

Para a avaliação económica, e a fim de quantificar a ecoeficiência na mudança de combustível, foi necessário saber a despesa na mudança de fuelóleo para gás natural.

Na *Tabela 29* estão discriminadas as despesas para cada ano no que respeita à compra de fuelóleo e gás natural.

Tabela 29 - Preço de venda de fuelóleo e gás natural e despesa anual na obtenção destes combustíveis.

Ano	Custos com combustíveis fósseis						Total
	Fuelóleo			Gás natural			
	€/kg	€/hl	€	€/Nm³	€/hl	€	
2011	0,56	0,94	2 909 495	0,40	-	-	2 909 495
2012		0,81	2 504 346		0,07	202 576	2 706 922
2013		0,00	14 891		0,60	1 866 369	1 881 260

Foi fornecido pela empresa, o preço pela qual esta comprava o fuelóleo em 2012 e o gás natural em 2014. Foi assumido que estes preços eram exatamente iguais para 2011, 2012 e 2013 para os dois tipos de combustíveis.

Sabendo a quantidade de combustível necessário para produzir um hectolitro de cerveja (unidade funcional) em cada um dos anos (*Tabela 28*) e o preço de cada combustível, foi possível calcular o custo em combustíveis por hectolitro de cerveja (€/hl) para cada ano, estando este valor presente na *Tabela 29*.

Na *Figura 24* é possível verificar o decréscimo da despesa de obtenção de combustíveis fósseis para a produção de um hectolitro de cerveja.

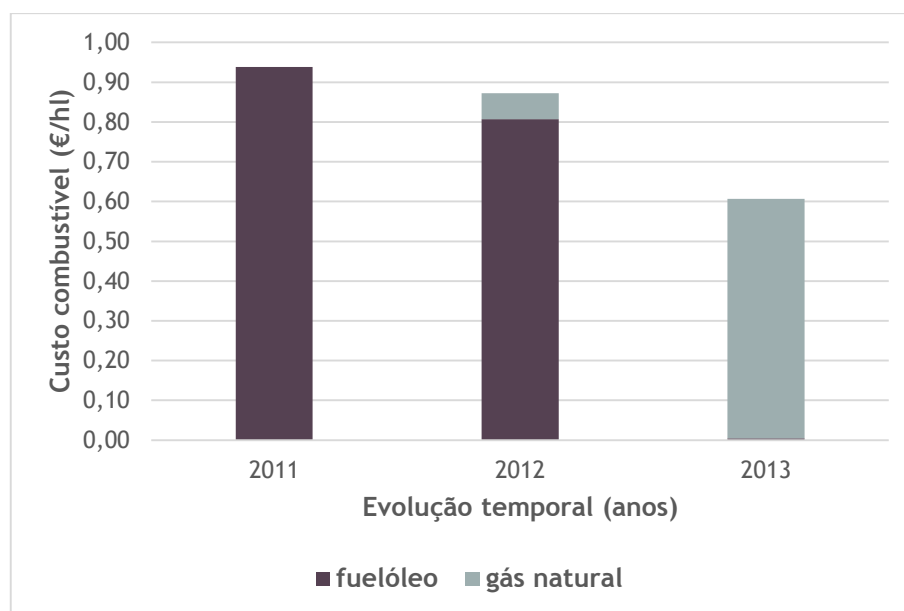


Figura 24 - Despesa na compra de combustíveis para a produção de um hectolitro de cerveja para o ano de 2011, 2012 e 2013.

Como no ano de 2011, 2012 e 2013, a Unicer produziu diferentes quantidades de produto, assumiu-se o ano de 2013 como o período de referência, e assim foi possível comparar as despesas na compra de combustível para os diferentes anos. Ou seja, sabendo o custo dos combustíveis por unidade funcional (€/hl) para os diferentes anos, e assumindo que nos três anos em análise se produziram 3 101 746 hl de cerveja, foi possível avaliar a despesa total de cada ano na compra de fuelóleo e gás natural, como indicado na *Tabela 29*.

Foi assumido que em 2011 e 2012 foram produzidas as mesmas quantidades de cerveja que em 2013, o que se traduziu em valores de vendas semelhantes. Foi também admitido que as despesas como matérias primas, custos de operação, pessoal, etc eram exatamente iguais para estes três anos, à exceção dos custos na compra de combustíveis fósseis.

Ao adotar o ano de 2013 como referência, foi admitido que a despesa na compra de fuelóleo e gás natural já se encontrava introduzido no valor do resultado operacional (33 800 000 €). Assim, e através da diferença nas despesas de aquisição de combustíveis para 2011 e 2012 face ao ano de 2013, recalculou-se o resultado operacional para esses anos.

Em 2011, a Unicer gastou mais 1 028 235 € na compra de combustíveis em comparação ao ano de referência de 2013, já para 2012 a diferença foi de 825 662 € para o mesmo período de referência. Assim determinou-se o resultado operacional para os anos de 2011, 2012 e 2013, como se pode visualizar na *Figura 25*.

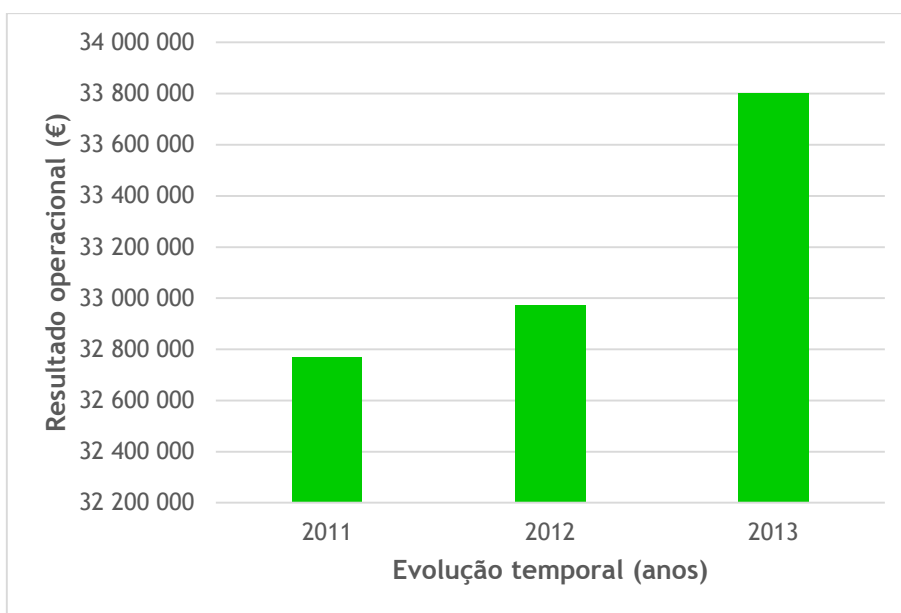


Figura 25 - Resultado operacional para 2011, 2012 e 2013.

Neste tipo de análise, não foi considerado o investimento na mudança de equipamentos (caldeiras e motor de cogeração) de combustão de fuelóleo para gás natural. O valor de investimento tem cariz confidencial, pelo que não foi possível introduzi-lo nesta avaliação. Contudo, foi dada a informação pela Unicer que o *payback* deste investimento foi rápido demorando cerca de um ano e meio, desde o início de 2013 até meados de 2014. A poupança na compra de combustível não foi o único interveniente nesta obtenção de lucros. Através da produção de energia elétrica no motor de cogeração e venda desta energia à rede, o investimento inicial foi mais rapidamente amortizado.

Previamente a 2013, a Unicer não vendia energia elétrica à rede, mas com a mudança de fuelóleo para gás natural no motor de cogeração já foi possível concretizar esse negócio. Um motor de cogeração que opere a gás natural tem uma maior remuneração na venda de energia elétrica, em comparação com um motor de cogeração que opere a fuelóleo para a mesma potência instalada (Portaria nº 140, 2012).

Também se pode afirmar que a cogeração a gás natural torna-se muito mais vantajosa em comparação com o fuelóleo, pelos seguintes fatores (EDP, 2013):

1. Menor investimento por kW instalado, dado que na cogeração a gás natural não é necessário o recurso a equipamentos auxiliares necessários com a utilização do fuelóleo (depósitos de combustível, equipamentos necessários à sua centrifugação, aquecimento e alimentação ao motor);
2. Otimização do espaço, dado que as centrais de cogeração a gás natural são de dimensões mais reduzidas;

3. Permitem um controlo rigoroso do arranque e da paragem dos motores conforme as necessidades da instalação, adaptando-se, assim, ao horário de funcionamento de qualquer empresa;

4. Por ser uma energia limpa e natural, a manutenção dos equipamentos é mais simples, menos onerosa e mais espaçada;

5. Maior aproveitamento energético global;

6. Reduzidas emissões poluentes.

Atenta as informações descritas em cima, o facto de não se ter tido em conta o investimento inicial acaba por não ser tão relevante, uma vez que a instalação é rentável pois a amortização do seu investimento dá-se num curto espaço de tempo, isto é poucos anos quando comparado com os anos de tempo de vida da instalação.

Por fim, foram calculados os indicadores de ecoeficiência através da equação (1) e apresentados na *Tabela 30*.

Tabela 30 - Indicadores de ecoeficiência.

Ano	Receita proveniente da venda de cerveja por:			
	Alterações climáticas (€/kg CO ₂ eq.)	Acidificação terrestre (€/kg SO ₂ eq.)	Formação de oxidantes fotoquímicos (€/kg COVNM eq.)	Formação de material particulado (€/kg PM10 eq.)
2011	6	146	134	517
2012	8	245	172	873
2013	9	630	174	1 601

Como verificável na *Tabela 30*, a mudança de combustível (fuelóleo para gás natural) conduziu a um incremento dos indicadores de ecoeficiência para as categorias de impacto seleccionadas. Isto porque, permitiu aumentar o valor económico da empresa e diminuir os impactos ambientais.

6 Melhores Técnicas Disponíveis

Os princípios orientadores da política ambiental da empresa baseiam-se na prevenção e controlo integrados da poluição. A Unicer procura também fomentar a ecoeficiência de processos e produtos promovendo o uso sustentável da água, a utilização racional de energia e assegurar a integração de critérios ambientais na seleção de matérias primas e de embalagens. Desta forma, procura minimizar os impactos ambientais, promovendo a redução de emissões para o ar e para a água e dos resíduos gerados e privilegiando soluções de reutilização e de valorização.

De acordo com a Licença Ambiental da Unicer, esta deve operar tendo em atenção as melhores técnicas atualmente disponíveis (MTD) que englobam medidas de carácter geral, medidas de implementação ao longo do processo produtivo e no tratamento de fim-de-linha.

Assim, sempre que ocorre renovação da Licença Ambiental devem ser identificadas as MTD listadas nos Documentos de Referência, que sejam adequadas/aplicáveis às instalações em questão, devendo ser apresentada a indicação de:

- medidas já adotadas e integradas nos elementos de projeto ou nos procedimentos de operação;
- medidas previstas, incluindo a calendarização da sua implementação;
- medidas cuja adoção não está prevista e respetiva fundamentação.

Os Documentos de Referência considerados são:

- *Reference Document on Best Available Techniques in Food, Drink and Milk Industry*, Comissão Europeia (agosto de 2006);
- *Reference Document on the General Principles of Monitoring*, Comissão Europeia (julho de 2003);
- *Reference Document on the Best Available Techniques on Emissions from Storage*, Comissão Europeia (julho de 2006);
- *Reference Document on the Best Available Techniques for Energy Efficiency*, Comissão Europeia (fevereiro de 2009).

Em concordância com o BREF (*Reference Document on Best Available Techniques*) para as indústrias de produção de comida, bebida e leite, a indústria cervejeira está associada a várias questões ambientais tais como: a utilização da água, a produção de águas residuais, a poluição do ar, a produção ruído, a emissão de odores, produção de resíduos e utilização de energia para aquecimento e refrigeração.

Os impactos ambientais ou as emissões do processo para as unidades de operação do setor cervejeiro, estão apresentados na *Tabela 31* (European Commission, 2006).

Tabela 31 - Impactes ambientais associados às diferentes operações unitárias do processo cervejeiro.²

Operações Unitárias - Cervejas			Impacte Ambiental		
			Ar	Água	Resíduos
A. Receção e preparação de materiais	A1	Movimentação e armazenamento	-	-	Orgânicos
		Aberturas de tanques	Odores, COV	Não tem	Não tem
		Silos	Partículas	Não tem	Não tem
		Transporte	Odores, Partículas, COV	CQO/CBO, SST, pH, gorduras e óleos, NO ₃ , NO ₂ ⁻ , NH ₃ , P	Orgânicos
	A2	Triagem, peneiração, descascamento e aparamento	Odores e Partículas	CQO/CBO, SST	Orgânicos, Inorgânicos
B. Redução do tamanho, mistura e formação	B3	Moagem e esmagamento	Partículas, COV	Não tem	Orgânicos, Inorgânicos
C. Técnicas de separação	C3	Clarificação	Não tem	CQO/CBO, SST	Orgânicos, Inorgânicos
	C4	Centrifugação e sedimentação	Não tem	CQO/CBO, SST	Orgânicos, Inorgânicos
	C5	Filtração	Menor	CQO/CBO, SST, gorduras e óleos	Orgânicos, Inorgânicos
D. Tecnologias de processamento dos produtos	D2	Dissolução	Não tem	CQO/CBO, SST, SD	Não tem
	D4	Fermentação	Odores, CO ₂	CQO/CBO, SST	Orgânicos
	D12	Carbonatação	CO ₂	Não tem	Não tem
E. Processamento térmico	E3	Cozedura e fervura	Odores, COV	CQO/CBO, SST, gorduras e óleos, NO ₃ , NO ₂ ⁻ , NH ₃ , P, SD	Orgânicos
	E8	Pasteurização, esterilização e UHT	Não tem	CQO/CBO, SST	Orgânicos
G. Processamento por remoção de calor	G1	Arrefecimento, refrigeração e estabilização a frio	CO ₂	Menor	Não tem
H. Operações de pós processamento	H1	Enchimento	Partículas	CQO/CBO, SST	Orgânicos, embalagens
	H2	Gaseificação e armazenamento	CO ₂	Não tem	Não tem
U. Processos auxiliares	U1	Limpeza e desinfeção	Não tem	CQO/CBO, SST, pH, gorduras e óleos, NO ₃ , NO ₂ ⁻ , NH ₃ , P	Não tem
	U2	Produção e consumo de energia	Partículas, CO ₂ , NO ₂ , SO ₂	Não tem	Não tem
		Purga da caldeira	Não tem	NO ₃ , NO ₂ , NH ₃ , P	Não tem
	U3	Desmineralização da água	Não tem	CQO/CBO, SST, pH, NO ₃ , NO ₂ ⁻ , NH ₃ , P	Orgânicos e Inorgânicos
	U5	Refrigeração	NH ₃	NO ₃ , NO ₂ ⁻ , NH ₃ , P	Não tem
	U6	Produção de ar comprimido	Não tem	Não tem	Não tem

²NO₂ - dióxido de azoto; NO₂⁻ - nitrito; NO₃ - nitrato; SD - sólidos dissolvidos

No mesmo documento encontram-se MTD gerais para aplicação em todas as instalações, MTD que só se aplicam a algumas operações unitárias nos setores de comida, bebida e leite e MTD que só se aplicam para alguns setores individuais, tal como a produção de cerveja.

Na *Tabela 32* está apresentada uma síntese das técnicas aplicáveis e adotadas pela empresa, conforme descrito no *Reference Document on Best Available Techniques in Food, Drink and Milk Industry*.

Tabela 32 - Melhores técnicas atualmente disponíveis para o setor de produção de cerveja.

Referência	Descrição	Aplicabilidade	Situação
	<i>MTD gerais para todos os setores de comida, bebida e leite</i>	Sim	
5.1.1	Gestão ambiental	Sim	Adotado
5.1.2	Colaboração com atividades a montante e a jusante	Sim	Adotado
5.1.3	Equipamentos e instalações de limpeza	Sim	Adotado
	<i>Processos e operações unitárias aplicadas a vários setores de comida, bebida e leite</i>		
5.1.4.1	Receção/expedição de materiais	Sim	Adotado
5.1.4.2	Centrifugação/separação	Sim	Não adequado
5.1.4.3	Fumagem	Não	-
5.1.4.4	Fritar	Não	-
5.1.4.5	Conservação em latas, garrafas e frascos	Sim	Adotado
5.1.4.6	Evaporação	Não	-
5.1.4.7	Congelamento e refrigeração	Sim	Adotado
5.1.4.8	Arrefecimento	Sim	Adotado
5.1.4.9	Enchimento	Sim	Adotado
5.1.4.10	Produção e consumo de energia	Sim	Adotado
5.1.4.11	Utilização da água	Sim	Adotado
5.1.4.12	Sistemas de ar comprimido	Sim	Adotado
5.1.4.13	Sistemas de vapor	Sim	Adotado
5.1.5	Minimização de emissões gasosas	Sim	Adotado
5.1.6	Tratamento de água residual	Sim	Adotado
5.1.7	Emissões acidentais	Sim	Adotado
	<i>MTD adicionais para alguns setores individuais de comida, bebida e leite</i>		
5.2.9	Fabrico de bebidas	Sim	Adotado
5.2.9.1	Cervejaria	Sim	Adotado

Nas *Tabelas 33 a 50* são apresentados quadros resumo com as medidas adotadas pelas instalações da Unicer de Leça do Balio para cada uma das referências apresentadas no *Reference Document on Best Available Techniques in Food, Drink and Milk Industry*.

Tabela 33 - Situação de aplicação e medidas adotadas para a gestão ambiental (5.1.1).

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Implementar e aderir a um Sistema de Gestão Ambiental (SGA)	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Política Integrada de Qualidade, Ambiente e Segurança da Unicer; ♦ Sistema Integrado de Gestão da Unicer certificado de acordo com a ISO 14001 desde 2010.

Tabela 34 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para a colaboração com atividades a montante e a jusante (5.1.2).

Descrição	Situação	Medidas adotadas/Local implementação
Criar uma cadeia de responsabilidade ambiental, para minimizar a poluição e proteger o meio ambiente	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Receção de materiais a granel: matérias primas (malte e griz), matérias subsidiárias e auxiliares (NaOH, HCl, cloreto férrico, glicol, fuelóleo); ♦ Embalagens retornáveis: (hipoclorito de sódio, polieletrólito, cola, cápsulas, etc); ♦ Redução dos tempos de armazenagem de produtos perecíveis; ♦ Gestão dos movimentos de veículos: instalação de barreira acústica para minimizar o impacte devido aos movimentos de veículos nas instalações sobre a zona residencial próxima; ♦ Seleção de matérias primas, matérias subsidiárias e auxiliares menos “poluentes”: seleção de desinfetantes e detergentes com menor conteúdo em fósforo, limitação do uso de substâncias com a classificação “N - perigoso para a natureza”, PVPP (reutilizável), etc; ♦ Desligar os motores de veículos durante a carga/descarga: As operações de carga efetuam-se sempre que possível com os motores desligados. Os camiões de transporte não são refrigerados. ♦ Recuperação do CO₂ da fermentação da cerveja.

Tabela 35 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para os equipamentos e instalações de limpeza (5.1.3).

Descrição	Situação	Medidas adotadas/Local implementação
Limpeza rápida e frequente de equipamentos de processamento e áreas de armazenamento de materiais	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Cisternas de águas; ♦ Ensilagem e moagem.
Utilização de “grades” sobre os ralos do piso e garantir que são inspecionados e limpos frequentemente para evitar o arrastamento de materiais para as águas residuais	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Todas as linhas de enchimento (retenção de vidro partido); ♦ Sala Ziemer-Meura/Filtros Nordon (filtros estáticos para recuperação da drêche fina).
Otimização da utilização de limpeza a seco de equipamentos (incluindo sistemas de vácuo)	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Todas as áreas ligadas à produção: aspirador ensilagem/moagem; aspirador oficinas; aspirador armazém geral.
Pré lavagem dos pisos e equipamentos para remoção da sujidade	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Linhas de Enchimento e Serviço de Produção. Exemplo: aplicação de produtos específicos para pré lavagem.
Gestão e minimização do uso de água, energia e detergentes	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Todas as áreas ligadas à produção (Enchimento, Produção). Exemplos: sistemas automáticos de limpeza (CIPs); pressurização da água de lavagens; otimização das dosagens de detergentes e desinfetantes (medição de condutividade em linha).
Utilização de mangueiras de limpeza com gatilhos manuais	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Sistemas de limpeza centralizados, pontos de lavagem nas áreas do Enchimento e Produção.
Abastecimento de água a pressão controlada através de injetores	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Todas as áreas ligadas à produção.
Otimização da reutilização de água quente proveniente do arrefecimento, por exemplo, para limpeza	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Centrais (sistema de arrefecimento); ♦ Recuperação de águas do sistema de arrefecimento das bombas de mosto.
Utilizar produtos de limpeza e desinfecção que causam danos mínimos no meio ambiente e controle de uma higienização eficaz	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Todas as áreas ligadas à produção.
Otimizar a utilização do CIP em equipamentos	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Todas as áreas ligadas à produção.
Utilizar sistemas de utilização única para as instalações pequenas ou raramente utilizadas ou onde a solução de limpeza se torna altamente poluída	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Exemplo: Central de Águas, CIP - rejeição das primeiras águas de enxaguamento.
Aplicação de soluções alcalinas e ácidas (auto neutralização) às águas residuais num tanque de neutralização	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Central de Águas (tanque de neutralização); ♦ ETAR (Tanques de homogeneização).

Descrição	Situação	Medidas adotadas/Local implementação
Minimizar a utilização de EDTA	Adotado	♦ O uso de produtos com EDTA é normalmente evitado. Os programas de higienização procuram assegurar os objetivos pretendidos com o menor consumo de produtos e de água.
Evitar o uso de biocidas oxidantes halogenados, exceto quando não existem alternativas eficazes	Adotado	♦ Não se utilizam biocidas oxidantes halogenados.

Tabela 36 - Situação de aplicação e medidas adotadas para a recepção/expedição de materiais (5.1.4.1).

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Quando os veículos são estacionados durante a carga e descarga, desligar o motor do veículo e a unidade de refrigeração	Adotado	♦ As operações de carga efetuam-se normalmente com os motores desligados. Os caminhões de transporte não são refrigerados.

Tabela 37 - Situação de aplicação para a centrifugação e separação (5.1.4.2).

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Utilizar centrífugas para minimizar a descarga de produto no fluxo de resíduos	Não adequado	-

Tabela 38 - Situação de aplicação e medidas adotadas para a conservação em latas, garrafas e frascos (5.1.4.5).

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Aplicação de sistemas de enchimento de latas, garrafas e frascos automatizados que incorporem reciclagem em circuito fechado dos líquidos derramados	Adotado	♦ Linha de retorno.

Tabela 39 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para o congelamento e refrigeração (5.1.4.7).

Descrição	Situação	Medidas adotadas/Local de implementação
Evitar emissões de substâncias que destroem a camada de ozono, por exemplo, não utilizar substâncias como refrigerantes halogenados	Adotado	♦ Não se utilizam substâncias halogenadas nos circuitos de refrigeração.
Evitar manter áreas com ar condicionado e refrigeração mais frio do que o necessário	Adotado	♦ Sala de quadros elétricos Linha 3; ♦ Inspetores de vazio e lasers das Linhas 3, 5 e 6; ♦ Gabinetes; ♦ Salas quadros elétricos e pontos de transformação nas Centrais; ♦ Sala de quadros elétricos do Fabrico e Adegas.
Otimizar a pressão de condensação	Adotado	♦ Sala de quadros elétricos Linha 3; ♦ Inspetores de vazio e lasers das Linhas 3, 5 e 6; ♦ Central de Frio.
Descongelamento regular de todo o sistema	Adotado	♦ Sala de quadros elétricos Linha 3; ♦ Inspetores de vazio e lasers das Linhas 3, 5 e 6.
Manter os condensadores limpos	Adotado	♦ Manutenção preventiva.
Certificar que o ar que entra nos condensadores é tão frio quanto possível	Adotado	♦ Manutenção preventiva.
Otimizar a temperatura de condensação	Adotado	♦ Projeto Danfoss.
Minimizar as perdas de condução e convecção das salas de refrigeração e câmaras de frio	Adotado	♦ Câmaras de frio.

Tabela 40 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para o arrefecimento (5.1.4.8).

Descrição	Situação	Medidas adotadas/Local de implementação
Otimizar o funcionamento de sistemas de arrefecimento	Adotado	♦ Equipamentos de controlo de pH e condutividade “em linha” nas Torres e Condensadores Evaporativos em reforço às análises às águas das torres e condensadores efetuadas em laboratório.
Utilizar um permutador de placas para o pré-arrefecimento da água com amoníaco	Adotado	
Recuperar o calor dos equipamentos de refrigeração	Adotado	♦ Evaporador de CO ₂ ; ♦ Água de arrefecimento do mosto.

Tabela 41 - Situação de aplicação e medidas adotadas para o enchimento (5.1.4.9).

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Otimizar a concepção da embalagem, incluindo o peso e volume do material e do material reciclado	Adotado	♦ Exemplos: Nova grade, otimização da espessura dos filmes, otimização da espessura das garrafas de vidro.
Compra de materiais a granel	Adotado	♦ NaOH
Fazer recolha seletiva dos materiais de embalagem	Adotado	♦ Recolha seletiva de resíduos.
Minimizar o transbordo durante o enchimento	Adotado	♦ Sistema automático de controlo do enchimento das garrafas

Tabela 42 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para a produção e consumo de energia (5.1.4.10).

Descrição	Situação	Medidas adotadas/Local de implementação
Produção combinada de energia elétrica e calor	Adotado	♦ Possui motor de cogeração
Usar bombas para recuperação de calor de diversas fontes	Adotado	
Desligar o equipamento quando ele não é necessário	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.
Reduzir as cargas nos motores	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.
Minimizar as perdas do motor	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.
Usar variadores de velocidade para reduzir a carga em ventiladores e bombas	Adotado	♦ Projeto Danfoss.
Aplicar isolamento térmico	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.
Aplicar controladores de frequência nos motores	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção; ♦ Projeto Danfoss.

Tabela 43 - Situação de aplicação e local de implementação para a utilização da água (5.1.4.11).

Descrição	Situação	Local de implementação
Bombear só a quantidade de água realmente necessária	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.

Tabela 44 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação para os sistemas de ar comprimido (5.1.4.12).

Descrição	Situação	Medidas adotadas/Local de implementação
Avaliar o nível de pressão e reduzi-lo, se possível	Previsto	♦ Projeto Danfoss
Otimizar a temperatura de entrada de ar	Adotado	
Colocar silenciadores nas entradas de ar para reduzir os níveis de ruído	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Centrais (Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos).

Tabela 45 - Situação de aplicação e local de implementação para os sistemas de vapor (5.1.4.13).

Descrição	Situação	Local de implementação
Maximizar o retorno de condensado	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.
Evitar perdas de vapor no retorno de condensado	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.
Isolar as tubagens	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.
Melhorar o aprisionamento do vapor	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.
Reparação das fugas de vapor	Adotado	♦ Serviço de Enchimento, Serviço de Manutenção. Energia e Fluidos, Serviço de Produção.
Minimizar a purga da caldeira	Adotado	♦ Centrais (Serviço de Manutenção, Energia e Fluidos).

Tabela 46 - Situação de aplicação e medidas adotadas para a minimização de emissões gasosas (5.1.5).

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Aplicar e manter uma estratégia de controle de emissões atmosféricas, que incorpora:	Adotado	
- definição do problema		
- um inventário das emissões		♦ Inventário de emissões atmosféricas.
- avaliar as principais emissões		♦ <i>Processos de combustão para produção de energia:</i> o autocontrolo é assegurado regularmente. Está em curso a instalação de monitorização em contínuo das emissões de NO _x provenientes da Cogeração e para os restantes parâmetros mantém-se a frequência bianual.
- avaliação e seleção das técnicas de controle de emissões para o ar	Adotado	♦ <i>Processo produtivo:</i> estudo do ISQ com o objetivo de clarificar a necessidade de monitorização (quais os parâmetros e que frequências).
Recolha de gases, odores e poeira na fonte para os equipamentos de tratamento		♦ <i>Processos de combustão para produção de energia:</i> a exaustão dos gases de combustão gerados nas caldeiras de vapor e cogeração efetuam-se através de chaminés que promovem a dispersão dos poluentes libertados. ♦ <i>Processo produtivo:</i> existem várias chaminés que promovem a libertação do vapor de água, evitando a sua dispersão no interior das instalações. Por outro lado, na receção de matérias primas é efetuada a

Descrição	Situação	Medidas adotadas
		aspiração de poeiras a partir dos transportadores e moinhos de malte. Estudo do ISQ com o objetivo de clarificar se as características construtivas das chaminés existentes são adequadas.
Otimizar os procedimentos de arranque e paragem dos equipamentos para redução das emissões para o ar	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Manutenção preventiva dos sistemas de queima, assegurando a sua afinação de modo a otimizar as condições da combustão; ♦ Manutenção preventiva dos sistemas de aspiração e dos despoeiradores.
Minimizar as emissões atmosféricas pela utilização de substâncias e pela aplicação de técnicas	Adotado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ <i>Processo produtivo</i>: os sistemas de despoeiramento existentes na receção de matérias primas têm como principais objetivos a recuperação da fração fina do malte e griz e a manutenção da limpeza das instalações. As saídas dos circuitos de aspiração estão equipadas com ciclones e/ou filtros de mangas Estudo do ISQ com o objetivo de clarificar se as emissões resultantes requerem tratamento adicional adequado.
Redução de odores	Previsto	♦ Biofiltro para tratamento dos odores libertados a partir do pré-tratamento das águas residuais.

Tabela 47 - Situação de aplicação e medidas adotadas para o tratamento de água residual (5.1.6).

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Aplicar triagem inicial de sólidos	Previsto	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Grade automática (novo); ♦ Tamisadores estáticos (existentes/a reposicionar).
Aplicar homogeneização do efluente	Previsto	♦ Tanques de homogeneização T-201 e T202 (novos).
Aplicação da neutralização das águas residuais	Previsto	♦ Tanque de condicionamento T-300 (novo).
Aplicar sedimentação para as águas residuais contendo sólidos suspensos	Previsto	♦ Pré Clarificador (TPS) (novo).
Aplicar flotação por ar dissolvido	Não adequado	♦ A solução de sedimentação tem demonstrado bons resultados, pelo que não foi considerada esta alternativa para remoção de sólidos suspensos.
Aplicar tratamento biológico aeróbio e anaeróbio	Previsto	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Tratamento anaeróbio: Reator Biobed® EGSB (novo); ♦ Tratamento aeróbio: Reator Unitank®.
Utilização do metano (CH ₄) produzido durante o tratamento anaeróbio para a produção de energia elétrica e/ou calor	Adotado	♦ Utilização do CH ₄ recuperado nas caldeiras de vapor.
Remoção do azoto por processos biológicos	Adotado	♦ Integrado no tratamento aeróbio: Reator Unitank®.
Aplicação de precipitação para remoção do fósforo em simultâneo com tratamento de lamas ativadas	Adotado	♦ Integrado no tratamento aeróbio: Reator Unitank®.
Utilização de filtração para polimento de águas residuais	Não adequado	♦ O efluente tratado não necessita de polimento final para assegurar os valores de emissão aplicáveis.

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Aplicação de filtração por membranas	Não adequado	♦ É uma solução muito onerosa que não acarreta “mais valias” ambientais significativas face às soluções alternativas atuais.
Reutilização da água depois do tratamento	Adotado	♦ Reutilização do efluente final para rega e usos gerais.
Estabilização	Adotado	♦ Integrado no tratamento aeróbio: Reator Unitank®.
Espessamento	Adotado	♦ Integrado no tratamento aeróbio: Reator Unitank®.
Desidratação	Adotado	♦ Integrado no tratamento aeróbio: Reator Unitank®.
Secagem	Não adequado	♦ É uma solução muito onerosa que não acarreta “mais valias” ambientais significativas face às soluções alternativas atuais.

Tabela 48 - Situação de aplicação e medidas adotadas para as emissões acidentais (5.1.7).

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Identificar as potenciais fontes de incidentes/ fugas acidentais que possam prejudicar o ambiente	Adotado	♦ Estudo de Avaliação de Riscos; ♦ Identificação de Aspectos Ambientais; ♦ Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança.
Avaliar a probabilidade de ocorrência e gravidade de potenciais incidentes/ fugas acidentais, ou seja, a realização de uma avaliação de risco	Adotado	♦ Estudo de Avaliação de Riscos; ♦ Identificação de Aspectos Ambientais; ♦ Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança.
Identificar controles adicionais para impedir os potenciais incidentes/ fugas acidentais	Adotado	♦ Estudo de Avaliação de Riscos; ♦ Identificação de Aspectos Ambientais; ♦ Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança.
Identificar e implementar as medidas de controle necessárias para evitar acidentes e minimizar o dano no meio ambiente	Previsto	♦ Plano de Emergência Interna; ♦ Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança.
Desenvolver, implementar e testar regularmente um plano de emergência	Previsto	♦ Plano de Emergência Interna; ♦ Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança.
Investigar todos os acidentes e quase acidentes e manter registros	Adotado	♦ Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança.

Tabela 49 - Situação de aplicação, medidas adotadas e local de implementação de melhores técnicas disponíveis adicionais para processos de fabrico de bebidas (5.2.9).

Descrição	Situação	Medidas adotadas/Local de implementação
Se for utilizado CO ₂ na instalação, deve-se recupera-lo a partir do processo de fermentação, ou como um subproduto de um outro processo, para evitar a produção de CO ₂ de combustíveis fósseis	Adotado	♦ Centrais.
Recuperar a levedura após a fermentação	Adotado	♦ Fermentação (até 7ª geração) e venda para alimentação de animais.
Recuperação de Kieselguhr	Adotado/ Em estudo	♦ Existem duas linhas de Filtração; ♦ É possível utilizar Kieselguhr regenerado em apenas uma linha de filtração. No final da semana este Kieselguhr é rejeitado para o esgoto; ♦ Está em estudo a substituição da linha em que não é possível usar Kieselguhr regenerado por filtração cross flow.
Utilização de vários estágios nos sistemas de limpeza de garrafa	Adotado	♦ Lavadoras das linhas 3 e 5.
Otimizar o consumo de água da zona de lavagem de garrafa	Adotado	♦ Linhas de garrafas.
Reutilização de soluções de limpeza de garrafa após decantação e filtração	Adotado	♦ Linhas 3 e 5.

Tabela 50 - Situação de aplicação e medidas adotadas de melhores técnicas disponíveis adicionais para processos de produção de cerveja (5.2.9.1).

Descrição	Situação	Medidas adotadas
Otimizar a reutilização de água de arrefecimento do mosto quente	Adotado/ Em estudo	♦ Não está adotado o reaproveitamento de calor do tanque tampão e da caldeira de ebulição, encontra-se em estudo a sua aplicabilidade.
Reutilização da água da pasteurização de garrafas	Previsto	♦ Projeto Danfoss.
Atingir um nível de consumo de água de 0,35 - 1 m ³ /hl de cerveja produzida	Adotado	♦ Consumo específico de água total (incluindo Produção + Atividades sócio administrativas) é há vários anos consistentemente inferior a 0,5 m ³ /hl.

Através da informação mencionada nas *Tabelas 33 a 50*, pode-se constatar que a Unicer devido à sua Política Integrada de Qualidade, Ambiente e Segurança, tem já adotado muitas das melhores técnicas atualmente disponíveis.

7 Conclusões

7.1 Análise global

No contexto empresarial incorrem várias tarefas e atividades, as quais acarretam consigo benefícios e impactes ambientais e económicos. Por conseguinte, e tendo em vista um desenvolvimento sustentável, a ecoeficiência surge como um instrumento crucial nas políticas e programas estabelecidos por uma empresa ou organização.

Alusivo ao tema da presente dissertação, a avaliação da ecoeficiência foi realizada com base na metodologia do WBCSD publicada em 2000, e na metodologia presente na Norma Internacional ISO 14045 publicada em 2012.

Ambas as metodologias apresentam etapas comuns, onde se destacam a definição da unidade funcional, a seleção das fronteiras do sistema e a análise do inventário.

A unidade funcional considerada foi o hectolitro (hl) de cerveja completamente finalizada no ano de 2013 (final do processo cervejeiro).

Relativamente às fronteiras do sistema foram considerados como parte integrante do sistema todas as etapas subjacentes ao funcionamento do processo produtivo, definida pela área do Fabrico, das Adegas, do Enchimento, da ETA, da Central de Produção de Vapor e da ETAR, sendo portanto um estudo *gate-to-gate*.

De acordo com as fronteiras do sistema selecionadas, foram inventariados os *inputs* e os *outputs* do sistema. Dos *inputs* para o processo cervejeiro, destacam-se: a água e os seus diferentes tipos, a energia elétrica, a energia térmica (vapor e água quente), os combustíveis, o dióxido de carbono e as matérias primas e subsidiárias. Referente aos *outputs* deste processo encontra-se a cerveja finalizada (produto), os resíduos produzidos, as emissões gasosas e as emissões inerentes ao efluente.

A quantificação da ecoeficiência para as duas metodologias, foi calculada pelo quociente entre o valor do produto e o indicador de influência ambiental.

Uma vez que o valor do produto tem uma vertente confidencial, foi estimado o seu resultado sendo este 10,9 €/hl de cerveja produzida. Posteriormente este foi aplicado como numerador da expressão que quantifica a ecoeficiência para as duas metodologias.

As duas metodologias aplicadas diferenciam-se essencialmente na seleção dos indicadores ambientais, que são utilizados como denominador da equação que quantifica a ecoeficiência.

A metodologia desenvolvida pelo WBCSD, recomenda a utilização da Norma Internacional ISO 14031:2004 (Avaliação de Desempenho Ambiental) no processo de seleção de indicadores de

influência ambiental. Os indicadores ambientais selecionados segundo esta metodologia foram: o consumo de água, a produção de efluente, o consumo de energia elétrica e térmica, a produção de resíduos de vidro e o consumo e emissão de dióxido de carbono por hectolitro de cerveja produzida.

A ISO 14045:2012 sugere que os impactos ambientais sejam avaliados utilizando a ferramenta de avaliação do ciclo de vida (ACV). Assim foi utilizado o ReCiPe 2008 para a seleção, classificação e caracterização das categorias de impacto ambiental. As categorias de impacto quantificadas foram as alterações climáticas, a acidificação terrestre, a eutrofização, a formação de oxidantes fotoquímicos, a formação de material particulado, a depleção da água e a depleção dos combustíveis fósseis.

De acordo com os resultados obtidos para a metodologia do WBCSD foi possível aferir que a área do enchimento apresentou menores rácios de ecoeficiência para o consumo de água (8 €/hl), produção de efluentes (7 €/hl), consumo de energia elétrica (5 €/kWh) e energia térmica (0,3 €/MJ) e produção de resíduos (6 €/kg) por parte de todas as instalações da empresa. Também foi possível verificar que a área das Adegas apresentam o segundo pior rácio de ecoeficiência para o consumo de água (12 €/hl) e energia elétrica (18 €/kWh). Esta área é a principal consumidora de dióxido de carbono (10 €/kg), logo apresenta um rácio de ecoeficiência inferior ao das outras áreas das fronteiras do sistema. Relativamente à área do Fabrico, esta apresenta o segundo pior rácio de ecoeficiência em termos do consumo de energia térmica (0,6 €/MJ). A área da Central de Produção de Vapor é a única área que possui rácio de ecoeficiência relativamente à emissão direta de dióxido de carbono (9 €/kg). Assim a Unicer possuiu um rácio de ecoeficiência de 4 €/hl para o consumo de água, 6 €/hl de efluente gerado, 3 €/kWh para o consumo de energia elétrica e 0,2 €/MJ para a energia térmica. Os resíduos apresentam um rácio de ecoeficiência global de 6 €/kg, o consumo de CO₂ possui um rácio de 6 €/kg, sendo a sua emissão responsável por um rácio de 9 €/kg.

Relativamente aos resultados obtidos pela metodologia estabelecida pela ISO 14045 foi possível conferir que a área da Central de Produção de Vapor (9 €/CO₂ eq.) é a única área pertencente às fronteiras do sistema que apresenta contribuições nefastas no ambiente no que diz respeito às alterações climáticas. Para a categoria de impacto ambiental acidificação terrestre, a área de Produção de Vapor apresenta um menor indicador de ecoeficiência, em comparação à das Adegas. Pelas limitações em definir a origem das emissões para os efluentes, estes foram considerados como um todo, e correspondentes às descargas da ETAR, tendo esta obtido um indicador de ecoeficiência para a categoria de impacto de eutrofização de 2 406 €/kg PO₄³⁻ eq. Relativamente à categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, a área das Adegas possuiu um indicador de ecoeficiência inferior ao da Central de Produção de Vapor, obtendo-se resultados opostos para a categoria de formação de material particulado. A área do Enchimento

é o local menos ecoeficiente quando se avalia a depleção da água e dos combustíveis fósseis. Os indicadores de ecoeficiência que apresentam resultados mais preocupantes dizem respeito às categorias de impacto alterações climáticas, acidificação terrestre, formação de oxidantes fotoquímicos, depleção da água e depleção de combustíveis fósseis. À luz da presente metodologia foi também analisado a substituição do combustível utilizado para a produção de vapor, tendo-se verificado que a substituição de gás natural por fuelóleo incorreu em incrementos nos indicadores de ecoeficiência.

A metodologia desenvolvida pelo WBCSD demonstrou-se mais acessível e expedita para aplicação por parte das empresas, ao contrário da metodologia da Norma Internacional ISO 14045:2012 que precisa de um maior entendimento no procedimento de seleção das categorias de impacto ambiental. Porém, quando se pretende obter indicadores ambientais com vários parâmetros em simultâneo, a utilização da ISO 14045 é a opção mais viável, uma vez que para a mesma categoria de impacto ambiental podem interferir vários parâmetros com o seu respetivo fator de caracterização. A título de exemplo, no caso de se pretender um indicador ambiental que relacione conjuntamente o NO_x e o SO_2 poderia ser utilizada a categoria de impacto ambiental da acidificação terrestre ou da formação de material particulado. Para a metodologia do WBCSD tal simultaneidade não seria possível.

Futuramente prevê-se a implementação da ISO 14045:2012 pois esta trata-se da forma standardizada de avaliação da ecoeficiência.

No presente trabalho foi ainda realizada uma análise das melhores técnicas disponíveis para o setor de produção de cerveja. Tendo-se verificado que a Unicer possui já implementadas um grande número destas técnicas.

7.2 Análise dos objetivos realizados

Na presente dissertação alcançou-se o objetivo principal de avaliar a ecoeficiência da Unicer.

A Unicer é alvo de estudo por parte de empresas externas que propõem medidas e tecnologias para redução dos consumos de água e energia. Porém, como indicado pelos colaboradores da Unicer, estas empresas atualmente sentem dificuldade em propor tecnologias viáveis para incorporar no processo cervejeiro. Por esse motivo não foi possível propor tecnologias e/ou métodos que possibilitassem melhorarias ao nível da ecoeficiência dos sistemas.

Destacam-se as boas práticas da empresa no controlo e gestão dos consumos dos recursos, sendo um pilar para o incremento da ecoeficiência.

7.3 Limitações e Trabalho Futuro

No decorrer deste trabalho, foram encontradas várias limitações que de certa forma criaram um obstáculo na obtenção do objetivo principal.

O facto de o valor do produto ter caráter confidencial, impediu que se utilizasse o *software* o *Economic Value chain Analysis Tool* (EVAT). Para aplicação deste programa seriam necessárias informações acerca dos custos de operação e das vendas, de forma a realizar-se uma cadeia de valor.

Outra limitação deste projeto foi a falta de análises laboratoriais aos efluentes que saem de cada etapa do processo cervejeiro. Assim não foi possível avaliar a contribuição de cada área no impacto ambiental sob este meio.

Também foram encontradas limitações ao nível dos resíduos produzidos pela instalação. Não existem informações na empresa acerca da quantificação destes ao longo do processo produtivo, logo apenas foram assumidos os resíduos de embalagens de vidro. Torna-se relevante a incorporação de outros tipos de resíduos produzidos no processo cervejeiro.

Num trabalho futuro, sugere-se a realização de um estudo *cradle-to-gate*, para avaliar os impactos ambientais inerentes ao processo de fabrico de cerveja. Tal não foi possível porque o processo de análise do inventário é bastante moroso e complexo, a título de exemplo seria necessário o entendimento e contabilização dos recursos utilizados por cada um dos fornecedores da Unicer.

Referências Bibliográficas

Afonso, M. J. 2008. *Estratégias de Eco-Eficiência na Indústria Gráfica*. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial. Aveiro : Universidade de Aveiro. Tese de Mestrado.

Almeida, C. M., et al. 2010. *Emergy as a tool for Ecodesign: evaluating materials selection for beverage packages in Brazil*. Journal of Cleaner Production. São Paulo : Elsevier, Vol. XVIII, pp. 32-43.

Ashton. 1971. *A Revolução Industrial : 1760-1830*. [trad.] J. M. Macedo. Lisboa : Europa América.

Azapagic, A., Perdan, S. e Clift, R. 2004. *Sustainable Development in Practice: Case Studies for Engineers and Scientists*. Chichester : John Wiley & Sons, Ltd. Vol. X.

Baptista, V. F. 2010. *A Relação entre o Consumo e a Escassez dos Recursos Naturais: uma abordagem histórica*. Saúde & Ambiente em Revista. Rio de Janeiro : Universidade do Grande Rio, Vol. V, pp. 8-14.

Barbosa, T. J. 2010. *Optimização de Sistemas CIP*. Departamento de Engenharia Química. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado.

Barros, A. B. 2010. *Comparação de Políticas de Sustentabilidade Urbana entre diversas Autarquias Portuguesas*. Departamento de Biologia Animal. Lisboa : Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Tese de Mestrado.

Baumann, H. e Tillman, A. 2004. *The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application*. Lund : Studentlitteratur.

BCSD Portugal. 2000a. *A eco-eficiência: criar mais valor com menos impacto*. Lisboa : World Business Council for Sustainable Development.

BCSD Portugal. 2010. *As Empresas e o Desenvolvimento*. Lisboa : World Business Council for Sustainable Development.

BCSD Portugal. 2002. *Comunicar o Desenvolvimento Sustentável*. Lisboa : World Business Council for Sustainable Development.

BCSD Portugal. 2005. *Manual de boas práticas de eficiência energética*. Lisboa : World Business Council for Sustainable Development.

BCSD Portugal. 2000b. *Medir a eco-eficiência: um guia para comunicar o desempenho da empresa*. Lisboa : World Business Council for Sustainable Development.

Boaventura, J. 2009. *Optimização do Processo de Filtração de Cerveja*. Departamento de Engenharia Química. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado.

Brás, A. 1998. *Projeto de Redução dos Consumos de Energia*. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Burchart-Korol, D., et al. 2013. *Eco-efficiency modeling based on Life Cycle Assessment*. Poland : LCM.

Decreto-Lei nº 38. 2013. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. 15 de março de 2013.

Decreto-Lei nº169. 2012. Ministério da Economia e do Emprego. 1 de agosto de 2012.

DeSimone, L. D. e Popoff, F. 1997. *Eco-Efficiency: The Business Link to Sustainable Development*. London : MIT.

Drummond, J. A. 2006. *A primazia dos cientistas naturais na construção da agenda ambiental contemporânea*. Revista Brasileira de Ciências Sociais. Brasil : Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ciências Sociais, Vol. XXI, pp. 5-25.

EcoWater. 2014. *EcoWater meso-level eco-efficiency indicators to assess technologies & their uptake in water use sectors*. [Citação: 27 de junho de 2014.] <http://environ.chemeng.ntua.gr/ecowater/>.

EDP. 2013. Cogeração a gás natural. *EDP gás serviço universal*. [Citação: 9 de agosto de 2014.] <http://www.edpgassu.pt/index.php?id=368>.

EN ISO 14045. 2012. *Ecoefficiency assessment of product systems*. Geneva : International Standard Organization.

Endesa. 2014. Como é produzida a electricidade que consome? [Citação: 3 de junho de 2014.]

http://www.endesaonline.com/pt/lares/informacionutil/rotulagem_da_energia/index.asp.

European Commission. 2006. *Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries*. Integrated Pollution Prevention and Control. august de 2006.

Ferrão, P. C. 1998. *Introdução à Gestão Ambiental: a avaliação do ciclo de vida de produtos*. Lisboa : IST Press.

- Ferraz, D. C. 2009. *Optimização dos Programas de Higienização na Área da Produção de Cerveja*. Departamento de Engenharia Química. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado.
- Ferreira, J. V. 2004. *Análise de Ciclo de Vida de Produtos*. Viseu : Instituto Politécnico de Viseu.
- Goedkoop, M., et al. 2012. *ReCiPe 2008*. Netherlands : Ministerie van Volkshuisventing, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
- GRI. 2007. *Directrizes para a Elaboração de Relatórios de Sustentabilidade*. Amsterdam : Global Reporting Initiative.
- I. Pereira, J. V. 2009. *Sustentabilidade: diferentes perspectivas, um objectivo comum*. Economia Global e Gestão. Lisboa : ISCTE-IUL Business School, Vol. XIV, pp. 115-126.
- IISD. 2013. Eco-efficiency. *IISD's Business and Sustainable Development: A Global Guide*. [Citação: 8 de abril de 2014.] http://www.iisd.org/business/tools/bt_eco_eff.aspx.
- INE. 2008. CAE empresa. *Instituto Nacional de Estatística*. [Citação: maio de 8 de 2014.] <http://webinq.ine.pt/public/files/consultacae.aspx?id=474>.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Kaur, P. 2010. *Sustainable Development, Environmental and Human Right: an issue*. Punjab : OIDA International Journal of Sustainable Development, Vol. I, pp. 73-77.
- Mamede, P. M. 2013. *Medição da sustentabilidade empresarial*. Coimbra : Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Tese de Mestrado.
- Mata, T. M. e Costa, C. A. 2001. *Life Cycle Assessment of Different Reuse Percentages for Glass Beer Bottles*. The International Journal of Life Cycle Assessment . Porto : LEPAE - Laboratory of Processes, Environment and Energy Engineering, Vol. VI, pp. 307-319.
- Matos, B. I. 2012. *Avaliação do desempenho ambiental da produção de mobiliário em Portugal*. Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Tese de Mestrado.
- Mendes, J. M. 1995. *Novas Metologias em História Económica: A Arqueologia Industrial*. Revista Portuguesa de História. Coimbra : Instituto de História Económica e Social, Vol. XXX, pp. 37-70.
- Moreira, J. T. 2009. *Indicadores de eco-eficiência como parte do Sistema de Gestão Ambiental da Águas do Ave, S.A: aplicação às ETAR de S. Gonçalo, Esposende e Vila Meã*.

Departamento de Engenharia Ambiental. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado.

Neto, B. 2010. Ecologia Industrial. *Planetazul - o portal de ambiente e sustentabilidade*. [Citação: 27 de maio de 2014.] <http://www.planetazul.pt/edicoes1/planetazul/desenvArtigo.aspx?c=2252&a=18748&r=37&pesq=1>.

NP EN ISO 14031. 2004. *Gestão ambiental - Avaliação do desempenho ambiental*. Portugal : International Standard Organization.

NP EN ISO 14040. 2006. *Avaliação do ciclo de vida - Princípios e enquadramento*. Portugal : International Standard Organization.

Passant, N. R., et al. 1993. *Emissions of volatile organic compounds (VOCs) from the food and drink industries of the European community*. Atmospheric Environment. Part A. General Topics. Elsevier, pp. 2555-2566.

Pereira, C. A. 2001. *Desenvolvimento dos Indicadores de Eco-eficiência: aplicação à indústria metalomecânica*. Departamento de Engenharia Química. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado.

Pereira, D. S. 2010. *Avaliação da eco-eficiência de quatro estações de tratamento de águas residuais da Águas do Minho e Lima, SA*. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado.

Pereira, S. C. 2009. *Ecoeficiência na Indústria - O que não se pode medir não se pode gerir*. Departamento de Ambiente e Ordenamento. Aveiro : Universidade de Aveiro. Tese de Mestrado.

Portaria nº 140. 2012. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. 14 de maio de 2012.

PRé Consultants. 2014. Contribution to Impact Assessment Research. *PRé Consultants*. [Citação: 9 de junho de 2014.] <http://www.pre-sustainability.com/contribution-to-impact-assessment-research>.

Rocha, C. R. 2008. *Optimização do Processo de Filtração de Cerveja*. Departamento de Engenharia Química. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado.

Rocha, M. C. 2006. *Contribuição para o estudo da implementação de Sistemas de Gestão ambiental na perspectiva do desenvolvimento sustentável*. Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Tese de Mestrado.

- Santos, M. K. 2007.** *Eco-eficiência e Avaliação de Sistemas Integrados de Gestão*. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Mestrado.
- Tavares, M. C. 2009.** *Desenvolvimento Sustentável e Agenda 21 Local: Estudo Exploratório*. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial. Aveiro : Universidade de Aveiro. Tese de Mestrado.
- Tegstedt, F. 2011.** *Eco-efficiency assessment; Production of bleaching chemicals for the Elemental Chlorine Free, ECF, pulp industry*. Department of Energy and Environment. Göteborg : Chalmers University of Technology. Master Thesis.
- The Brewers of Europe. 2012.** *Guidance Note for establishing BAT in the brewing sector*. Brussels : The Brewers of Europe.
- Unicer. 2014a.** Das matérias-primas ao processo de produção. *Unicer*. [Citação: 8 de maio de 2014.] <http://www.unicer.pt/gca/index.php?id=406>.
- Unicer. 2014c.** *Documento Interno*. Leça do Balio : Unicer - Bebidas de Portugal, SGPS, S.A.
- Unicer. 2014b.** O processo de produção da cerveja. *Unicer*. [Citação: 13 de maio de 2014.] <http://www.unicer.pt/gca/index.php?id=407>.
- Unicer. 2012.** *Relatório de Sustentabilidade 2012*. Leça do Balio : Unicer - Bebidas de Portugal, SGPS, S.A.
- United Nations Conference on Sustainable Development. 2012.** Rio+20. [Citação: 23 de junho de 2014.] <http://sustainabledevelopment.un.org/rio20.html>.
- VijayaVenkataRaman, S., Iniyan, S. e Goic, R. 2010.** *A review of climate change, mitigation and adaptation*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Chennai : Elsevier, pp. 878-897.
- WBCSD. 2005.** *Eco-efficiency: learning module*. Geneva : World Business Council for Sustainable Development.
- Wrisberg, N., et al. 2002.** *Analytical Tools for Environmental Design and Management in a Systems Perspective*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers. Vol. X.
- Wu, J. 2014.** *Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions*. Landscape and Urban Planning. Arizona : Elsevier.

Anexos

A

Tabela i - Poder calorífico inferior e fatores de emissão e oxidação para o gás natural e fuelóleo.

Combustível	Fator de emissão (kg CO ₂ /GJ)	Fator de oxidação	Poder calorífico inferior (PCI)	
Gás natural	56,1	0,995	38,46	GJ/(Nm ³ x 10 ³)
Fuelóleo	77,4	0,99	40,36	GJ/t

B

Tabela ii - Consumo de água, energia elétrica, energia térmica e dióxido de carbono para cada área do processo produtivo no ano de 2010, 2011, 2012 e 2013.

Total	Ano	Água (hl/ano)	Energia elétrica (kWh/ano)	Energia térmica (GJ/ano)	CO ₂ (kg/ano)
Fabricao	2010	2 230 150	837 284	93 009	-
	2011	2 049 690	831 379	76 826	
	2012	2 016 120	798 226	63 985	
	2013	1 927 420	877 611	55 797	
Adegas	2010	2 313 023	1 340 494	10 384	3 291 080
	2011	2 409 978	1 529 575	8 378	2 932 283
	2012	2 227 546	1 597 217	7 232	3 325 966
	2013	2 782 799	1 859 416	7 596	3 547 570
Enchimento	2010	3 718 027	6 002 101	107 462	1 958 929
	2011	2 993 056	5 477 039	100 885	1 458 765
	2012	2 564 707	5 621 424	99 602	1 262 415
	2013	4 379 218	6 607 650	111 510	1 729 723
ETA	2010	-	1 268 320	-	-
	2011		1 286 183		
	2012		1 353 067		
	2013		1 204 972		
Produção de Vapor	2010	8 378	103 884	-	-
	2011	88 731	86 933		
	2012	74 475	99 407		
	2013	44 565	93 881		

Tabela iii - Enchimento de cerveja em garrafas e barris, produção de efluentes e resíduos de vidro e emissão de dióxido de carbono para cada área do processo produtivo no ano de 2010, 2011, 2012 e 2013.

Total	Ano	Ench. garrafas (hl/ano)	Ench. barris (hl/ano)	Efluente (hl/ano)	Resíduos de vidro (kg/ano)	CO ₂ (kg/ano)
Fabrico	2010	-	-	-	-	-
	2011					
	2012					
	2013					
Adegas	2010	-	-	1 172 509	-	-
	2011			1 276 069		
	2012			1 104 807		
	2013			1 476 717		
Enchimento	2010	2 436 923	376 619	3 755 769	4 461 620	-
	2011	2 411 894	336 227	3 079 708	3 831 071	
	2012	2 345 262	302 902	2 723 390	3 733 380	
	2013	2 597 009	504 736	4 540 051	4 569 070	
ETA	2010	-	-	-	-	-
	2011					
	2012					
	2013					
Produção de Vapor	2010	-	-	8 378	-	4 191 028
	2011			88 731		4 388 444
	2012			74 475		3 724 043
	2013			44 565		3 653 591

C

Tabela iv - Fatores de caracterização para cada categoria de impacto ambiental.³

	AG (kg CO ₂ eq./UF)	AT (kg SO ₂ eq./UF)	Eut (kg PO ₄ ³⁻ eq./UF)	FOF kg COVNM eq./UF)	FMP (kg PM10 eq./UF)	DA (m ³ água/UF)	DCF (kg petróleo eq./UF)
Água superf.						1,000	
Água subt.						1,000	
Energia gás natural							0,021
Energia fuelóleo							0,023
PM10					1,000		
NH ₃		2,450			0,320		
COVNM				1,000			
CO ₂	1,000						
NO _x		0,560		1,000	0,220		
SO ₂		1,000			0,200		
CQO			0,022				
N			0,420				
P			3,060				

Tabela v - Quantificação de cada categoria de impacto ambiental para cada área do processo produtivo da empresa.

	Fabrico	Adegas	Enchimento	ETA	Produção de vapor	ETAR	Global
AG (kg CO ₂ eq./UF)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,18E+00	0,00E+00	1,18E+00
AT (kg SO ₂ eq./UF)	0,00E+00	1,30E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,60E-02	0,00E+00	1,73E-02
Eut (kg PO ₄ ³⁻ eq./UF)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,53E-03	4,53E-03
FOF (kg COVNM eq./UF)	0,00E+00	3,50E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,77E-02	0,00E+00	6,27E-02
FMP (kg PM10 eq./UF)	4,55E-05	1,70E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,59E-03	0,00E+00	6,81E-03
DA (m ³ água/UF)	6,21E-02	8,97E-02	1,41E-01	0,00E+00	5,75E-03	0,00E+00	2,99E-01
DCF (kg petróleo eq./UF)	3,87E-01	5,27E-02	7,73E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-00

³ eq. - equivalente; UF - unidade funcional

Tabela vi - Quantificação das categorias de impacto ambiental afetas à área de produção de vapor.

Ano	Área	AG (kg CO ₂ eq./UF)	AT (kg SO ₂ eq./UF)	FOF (kg COVNM eq./UF)	FMP (kg PM10 eq./UF)
2011	Produção de vapor	1,66E+00	7,12E-02	4,37E-02	2,02E-02
	Global	4,41E+00	7,25E-02	7,87E-02	2,04E-02
2012	Produção de vapor	1,41E+00	4,22E-02	2,68E-02	1,20E-02
	Global	1,41E+00	4,35E-02	6,18E-02	1,22E-02
2013	Produção de vapor	1,18E+00	1,60E-02	2,77E-02	6,59E-03
	Global	1,18E+00	1,73E-02	6,27E-02	6,81E-03